

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2018

Bc. Jiří Nohel

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Rekonstrukce osvětlení v dole
Reconstruction of lighting in the mine

2018

Bc. Jiří Nohel

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jiří Nohel**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907T001 Elektroenergetika
Téma: **Rekonstrukce osvětlení v dole**
Reconstruction of lighting in the mine
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

- o Požadavky norem pro osvětlování důlních prostor
- o Technologické možnosti osvětlování důlních prostor
- o Srovnání parametrů stávajících a dostupných svítidel pro osvětlování důlních prostor
- o Světelně-technický návrh osvětlovací soustavy překopu
- o Projekt vybrané osvětlovací soustavy překopu

Seznam doporučené odborné literatury:


- [1] Sokanský, K.: Světelná technika. ČVUT, Praha 2011
- [2] Habel, J.: Světlo a osvětlování. FCC Public, Praha 2013
- [3] Sborníky z Kurzů osvětlovací techniky, Sborníky VŠB-TU
- [4] Manuály k výpočetním programům (Relux, Dialux, WILS)
- [5] ČSN 36 0050-1, 2, 3

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Karel Sokanský, CSc.**

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 30.04.2018


prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. Ing. Pavel Brandštetter, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta:

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

Datum: 24. 4. 2018

Podpis 

Poděkování:

Tímto děkuji vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Karlovi Sokanskému, CSc. za cenné připomínky a ochotu při řešení této práce.

Děkuji Ing. Richardu Balejovi. za asistenci a ochotu při měření a za cenné rady řešení této práce

Abstrakt:

Úkolem diplomové práce je návrh, realizace a posouzení aktuálního světelného prostředí důlní chodby 1692 na 11. patře Důlního závodu č. 1 lokalita Karviná, ČSA. Práce popisuje základní parametry světelných zdrojů, osvětlovací soustavy, dále jsou stanoveny zásady pro návrh osvětlovací soustavy pomocí programu Relux, tak aby osvětlovací soustava odpovídala požadavkům. Výsledky výpočtů jsou porovnány se skutečným stavem a platných norem a vyhlášek.

Klíčová slova:

Osvětlení, světelný zdroj, svítidlo, umělé osvětlení, metoda výpočtu umělého osvětlení

Abstract:

The aim of the diploma thesis is to design, realize and assess the current lighting environment of the mining corridor 1692 on the 11th floor of the Mining Plant No. 1 locality Karviná, ČSA. The work describes the basic parameters of the light sources, the lighting system and the principles for designing the lighting system using the Relux program so that the lighting system meets the requirements. The results of the calculations are compared with the actual status and the applicable standards and decrees.

Keywords:

Lighting, light source, luminaire, artificial lighting, method of calculating artificial lighting

Seznam symbolů a zkratk:

Značka	Jednotka	Veličina
E_n	[lx]	jmenovitá intenzita osvětlení
E_m	[lx]	udržovaná hodnota intenzity osvětlení dle ČSN EN 12464-x
E_0, E_p	[lx]	průměrná hodnota intenzity osvětlení pro daný pracovní prostor
E_{min}	[lx]	hodnota minimální osvětlenosti na ploše
L_a	[cd/m ²]	jas pozorovaného předmětu
L_b	[cd/m ²]	jas pozorovaného pozadí
L_v	[cd/m ²]	ekvivalentní závojevý jas svítidel
L_p	[cd/m ²]	počáteční průměrný jas vozovky
K	[-]	kontrast jasů
Φ	[lm]	označení světelného toku (množství světelné energie)
I	[cd]	svítivost
T_c	[K]	teplota chromatičnosti
A	[m ²]	plocha
TI ATEX	[%]	míra zhoršení viditelnosti způsobeného omezujícím oslněním svítidly certifikace pro zařízení do výbušného prostředí
P	[-]	činitel odrazu povrchů ploch
MF	[-]	udržovací činitel osvětlovací soustavy U_0 [-] - rovnoměrnost osvětlení
R_a	[-]	index podání barev
UGR	[-]	hodnocení úrovně rušivého oslnění ve vnitřních prostorech
GR	[-]	hodnocení úrovně rušivého oslnění ve venkovních prostorech
ČBÚ		český báňský úřad

Obsah:

Úvod.....	9
1. Požadavky norem pro osvětlování důlních prostor	10
1.1. ČSN 360050-1	10
1.2. Vyhláška ČBÚ č. 22/1989 sb.	10
1.3. Osvětlení pevnými svítidly.....	10
1.4. Místa se stálým osvětlením v podzemí.....	10
1.5. Navrhování osvětlení.....	11
1.6. Rozložení jasů	11
1.7. Osvětlenost.....	11
1.8. Oslnění	13
1.9. Míhání a stroboskopický jev	14
1.10. Udržovací činitel	15
2. Požadavky na svítidla a světelné zdroje	16
2.1. Obecné požadavky	16
2.2. Další požadavky na svítidla a světelné zdroje.....	16
2.3. Zvýraznění objektů.....	16
2.4. Údržba osvětlovacích zařízení	17
3. Přehled požadavků na osvětlení v podzemí dolů	18
3.1. Uspořádání tabulky	18
3.2. Požadavky na osvětlení prostorů, úkolů a činností v podzemí dolů - ČSN 36 0050-1	19
4. Technologické možnosti osvětlování důlních prostor	21
4.1. Historie	21
4.2. Světelné zdroje používané v dole.....	22
4.3. Žárovkové světelné zdroje	22
4.4. Zářivky a kompaktní zářivky	23
4.5. Světelné diody LED	24
5. Elektrické instalace	25
5.1. Svítidla a světelná instalace.....	25
5.2. Kabele a jejich konstrukce	25
5.3. Zařazování elektrických zařízení do skupin.....	26
5.4. Pevný závěr	27
6. Porovnání parametrů stávajících a dostupných svítidel pro osvětlení důlních prostor.	28
6.1. Technický popis stávajících svítidel.....	28
6.1. Porovnání světelných zdrojů	31

6.2	Zhodnocení porovnání stávajících a dostupných svítidel.....	32
7.	Světelně-technický návrh osvětlovací soustavy překopu	33
7.1	Výpočet umělého osvětlení	33
8.	Projekt vybrané osvětlovací soustavy překopu	38
8.1	Popis důlní chodby 1692	39
8.2	Návrh osvětlení	39
8.3	Doporučení.....	43
9.	Závěr	44
	Světelně technické měření parametrů umělého osvětlení Důlní chodby 1692.....	1
10.	Elektro projekt vybrané osvětlovací soustavy překopu.....	1

Úvod

Práce pojednává o zhodnocení osvětlovací soustavy a zhodnocení nového osvětlení důlní chodby č. 169, která slouží dle ČSN 36 0050-1 Místa na trati se strojní dopravou, která je ve směně stále obsluhována. Zpracování bude zaměřeno na kvalitativní i kvantitativní parametry osvětlení. K řešení práce bude využíváno výpočetního programu Relux, ve kterém bude zhotoven model objektu s osvětlovací soustavou, a také naměřených hodnot osvětleností, které jsem získal při měření. Dále bude v práci provedena popis na téma návrh osvětlovací soustavy a témata s ním spojená. K tomu bude použita technická literatura doporučená vedoucím práce a odborné články umístěné na webových stránkách. Převážná část práce však bude čerpána z technické literatury a norem. Práce se bude zabývat především zhodnocením intenzity osvětlení, a to převážně v prostorách s trvalým pobytem a s požadovanými nároky na zrakový úkol. Vzhledem k tomu, že člověk vnímá až devadesát procent informací zrakem, je potřebné, aby bylo dodrženo správné osvětlení daného prostoru. Proto bude práce zaměřena hlavně na pracovní prostory, kde je očekáván pohyb pracovníků strojní dopravy. V návrhu bude kladen důraz na splnění světelných požadavků v důlní chodby. Dále bude v práci řešen výběr důlního svítidla pro dodržení zrakové pohody. Výsledkem práce bude zhodnocení stávajícího osvětlení důlní chodby a následné porovnání s návrhem osvětlovací soustavy. Dále budou vytvořeny dynamické scény osvětlení pomocí programu Relux.



Obrázek 1 - DZ1, lokalita Karviná

1. Požadavky norem pro osvětlování důlních prostor

1.1. ČSN 360050-1

ČSN 36 0050-1 Osvětlení v podzemí dolů, světelně technické základy navrhování. Část 1: Všeobecné požadavky vydána 11. 3. 1983.

ČSN 36 0050-1 vydána 6.1996 zrušení 1. 7. 2014

nahrazuje předcházející normu v celém rozsahu

ČSN 36 0050-1 vydána 6.2014 nahrazuje normu z 6.1996

Změny proti předchozí normě

Proti předchozímu vydání byl text normy uveden do souladu s platnými právními předpisy a doplněn o další požadavky.

1.2. Vyhláška ČBÚ č. 22/1989 sb.

Vyhláška ČBÚ č. 22/1989 Sb., o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při činnosti prováděné hornickým způsobem v podzemí, ve znění pozdějších předpisů.

1.3. Osvětlení pevnými svítidly

Místa, pro která tato vyhláška stanoví stálé osvětlení, musí být vybavena pevnými svítidly.

Pevnými svítidly musí být vybaveny také provozovny bez stálé obsluhy.

Stav osvětlení pevnými svítidly musí odpovídat požadavkům světelně technických parametrů a musí být kontrolován.

Svítidla musí být umístěna tak, aby byla přístupná pro údržbu a čištění.

Měření intenzity osvětlení musí být prováděno ve lhůtách určených podle provozních poměrů pracoviště. [4]

1.4. Místa se stálým osvětlením v podzemí

Stálé osvětlení v době provozu musí mít:

- a) náraziště jam a úpadnic,
- b) nástupiště a jejich nejbližší okolí,
- c) provozovny se stálou obsluhou,
- d) místa na trati se strojní dopravou, která jsou ve směně stále obsluhována,
- e) stěnové poruby vybavené mechanizovanou výztuží,
- f) ostatní určená místa. [4]

1.5. Navrhování osvětlení

1.5.1 Hlavní parametry navrhování

Hlavní parametry určující světelné prostředí jsou: - rozložení jasů;

- osvětlenost;
- oslnění;
- směrovost světla;
- podání barev a barevný tón světla;
- míhání světla.

1.6. Rozložení jasů

Rozložení jasů v zorném poli určuje úroveň adaptace zraku, která ovlivňuje viditelnost úkolu. Dobře vyvážený adaptační jas je potřebný ke zlepšení:

- zrakové ostrosti (ostrosti vidění);
- kontrastní citlivosti (rozlišení malých poměrných rozdílů jasů);
- účinnosti zrakových funkcí.

Rozložení jasů v zorném poli ovlivňuje také zrakovou pohodu. [5]

1.7. Osvětlenost

Osvětlenost a její rozložení v místě zrakového úkolu a v jeho bezprostředním okolí mají velký vliv na to, jak rychle, bezpečně a pohodlně osoba vnímá a vykonává zrakový úkol.

Všechny hodnoty osvětlenosti uvedené v této normě jsou udržované osvětlenosti a zajišťují potřebnou zrakovou pohodu, zrakový výkon a bezpečnostní požadavky. [5]

1.7.1 Osvětlenost v místě zrakového úkolu

Hodnoty uvedené v kapitole 1.7 jsou udržované osvětlenosti v místě zrakového úkolu na srovnávací rovině, která může být vodorovná, svislá nebo nakloněná. Průměrná osvětlenost v každém místě zrakového úkolu se nesmí zmenšit pod hodnotu uvedenou v kapitole 5, bez ohledu na stáří a stav osvětlovací soustavy.

Hodnota osvětlenosti může být upřesněna nejméně o jeden stupeň řady osvětlenosti (viz níže), liší-li se zrakové podmínky od normálních předpokladů.

Činitel přibližně 1,5 reprezentuje nejmenší významný rozdíl subjektivního účinku osvětlenosti. Doporučená řada osvětlenosti (v luxech) je:

5 - 10 - 15 - 20 - 30 - 50 - 75 - 100 - 150 - 200 - 300 - 500 - 750 - 1 000 - 1 500 - 2 000.

Požadovaná udržovaná osvětlenost má být zvětšena, když:

- zraková práce je rozhodující;
- zrakový úkol nebo pracovník se pohybují;
- se chyby nákladně opravují;
- přesnost nebo vysoká produktivita jsou velmi důležité;
- zrakové schopnosti pracovníků jsou sníženy;
- zrakové úkoly jsou neobvykle malé nebo málo kontrastní;
- úkol je vykonáván po neobvykle dlouhou dobu. [5]

1.7.2 Osvětlenost okolí zrakového úkolu

Osvětlenost okolí úkolu musí souviset s osvětlením místa zrakového úkolu a má poskytovat vyvážení rozložení jasů v zorném poli.

Velké prostorové změny osvětlenosti v okolí místa zrakového úkolu mohou způsobit namáhání zraku a zrakovou nepohodu.

Osvětlenost okolí úkolu musí být menší než osvětlenost úkolu, avšak nesmí být menší než hodnoty uvedené v tabulce 1. [5]

Tabulka 1 - osvětlenost

osvětlenost úkolu lx	osvětlenost okolí úkolu lx
≥ 500	100
300	75
200	50
150	30
$50 \leq E_m \leq 50$	20
< 50	není stanoveno

1.7.3 Síť kontrolních bodů osvětlenosti

Pro zrakový úkol a okolí zrakového úkolu musí být vytvořena síť kontrolních bodů pro výpočet a kontrolu hodnot osvětlenosti. Stanovení sítě kontrolních bodů osvětlenosti je uvedeno v ČSN EN 12464-1 :2012, 4.4. [5]

1.7.4 Rovnoměrnost osvětlení

Osvětlení místa zrakového úkolu musí být co nejrovnoměrnější. Rovnoměrnost osvětlení U_0 místa úkolu a okolí úkolu nesmí být menší než hodnoty uvedené v kapitole 1.7. Rovnoměrnost osvětlení U_0 okolí úkolu nesmí být menší než 0,10. [5]

1.7.5 Hlediska barev

Kvalita barvy světla světelných zdrojů smluvně bílého světla se popisuje dvěma vlastnostmi: - barevným tónem světla;

- kvalitou podání barev, která ovlivňuje vzhled předmětů a osob.

Tyto dvě vlastnosti musí být uvažovány odděleně. [5]

1.7.6 Barevný tón světla

Barevný tón světla světelného zdroje se vztahuje k zdánlivé barvě (chromatičnosti) vyzařovaného světla. Ta se kvantifikuje náhradní teplotou chromatičnosti (T_{cp}).

Barevný tón světla:

- teple bílý T_{cp} do 3 300 K;

- neutrálně bílý T_{cp} 3 300 K až 5 300 K;

- chladně bílý T_{cp} nad 5 300 K. [5]

1.7.7 Podání barev

Pro zrakový výkon a pocit celkové a duševní pohody je nutné, aby barvy předmětů a lidské pokožky v daném prostředí byly podány přirozeně, věrně a takovým způsobem, aby lidé vypadali přitažlivě a zdravě.

Pro objektivní charakteristiku vlastností zdrojů světla z hlediska podání barev byl zaveden všeobecný index podání barev R_a . Maximální hodnota R_a je 100. Tato hodnota se zmenšuje se zhoršením kvality podání barev.

Bezpečnostní barvy podle ČSN ISO 3864-1 musí být vždy správně rozlišitelné jako takové a proto zdroje světla musí mít index podání barev ~ 20 .

Minimální hodnoty indexu podání barev pro různé prostory, zrakové úkoly nebo činnosti jsou uvedeny v kapitole 3.2. Ověřené hodnoty R_a pro světelné zdroje použité v návrhu musí být poskytnuty jejich výrobcem. Světelné zdroje musí odpovídat požadavkům. [5]

1.8. Oslnění

1.8.1 Obecně

Oslnění je počitek způsobený jasnými povrchy v zorném poli, jako jsou osvětlené povrchy, nebo části svítidel. Oslnění musí být omezeno, aby se předešlo chybám, únavě a nehodám. Oslnění může být pocitováno buď jako rušivé, nebo jako omezující oslnění. Jsou-li dodrženy limity rušivého oslnění, nebývá omezující oslnění hlavním problémem.

1.8.2 Hodnocení oslnění

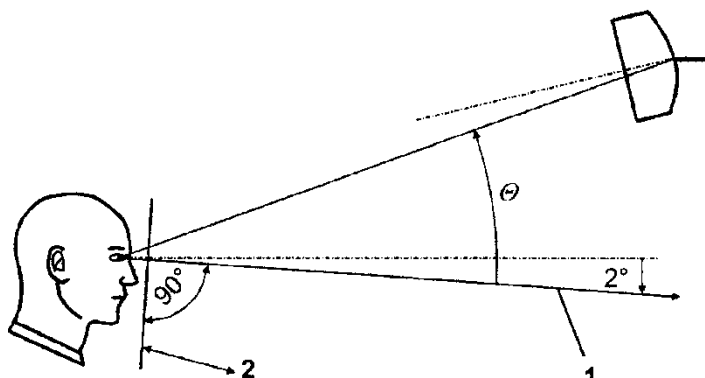
Přímé oslnění svítidly osvětlovacích soustav se musí stanovit metodou činitele oslnění GR (Glare Rating) podle CIE vzorce:

$$GR = 27 + 2410 \log_{10} \left(\frac{L_{vi}}{L_{ve}^{0,9}} \right) \quad (1)$$

kde je

L_{vi} celkový závojevý jas v cd-m^2 způsobený osvětlovací soustavou, je to součet jednotlivých závojevých jasů všech svítidel ($L_{vi} = L_{v1} + L_{v2} + \dots + L_{vn}$). Závojevý jas svítidla se vypočítá $L_v = 10(E_{eye}/E_f)$, kde E_{eye} je osvětlenost (v místě) oka pozorovatele v rovině kolmé na směr pohledu (2° pod vodorovný směr, viz obrázek 1) a e je úhel mezi směrem pohledu a směrem světla dopadajícího od svítidla.

L_{ve} ekvivalentní závojevý jas pozadí v cd-m^2 . Za předpokladu, že odraz pozadí je rovnoměrně rozptýlený, lze ekvivalentní závojevý jas pozadí vypočítat takto $L_{ve} = 0,035 P E_{hav} / t$ kde p je průměrný činitel odrazu a E_{hav} průměrná horizontální osvětlenost prostoru.



Obrázek 2 – Úhel mezi směrem pohledu pozorovatele a směrem světla dopadajícího od svítidla

Legenda:

směr pohledu

zraková rovina

Všechny předpoklady výpočtu GR musí být uvedeny v projektové dokumentaci. Hodnoty GR osvětlovacích soustav nesmí přesahovat hodnoty GR_L uvedené v kapitole 3.2.

1.9. Míhání a stroboskopický jev

Míhání světla působí rušivě a může vyvolat fyziologické projevy, např. bolesti hlavy. Stroboskopické jevy mohou vést k nebezpečným situacím při změně vnímaného pohybu strojů s točivým nebo s vratným pohybem. Osvětlovací soustavy musí být navrženy tak, aby nevznikala míhání a stroboskopické jevy. [5]

1.10. Udržovací činitel

Návrh osvětlení musí být vypracován s uvažováním udržovacího činitele vypočítaného z plánu údržby pro zvolené osvětlovací zařízení a prostředí.

Doporučená osvětlenost pro každý zrakový úkol se uvádí jako udržovaná osvětlenost.

Udržovací činitel závisí na provozních charakteristikách světelných zdrojů a předřadníků, svítidel, prostředí a plánu údržby.

V projektové dokumentaci se musí:

- navrhnout kompletní plán údržby, včetně intervalů výměny světelných zdrojů, čištění svítidel a způsobů jeho provádění.
- uvést udržovací činitel a přehled předpokladů přijatých při odvození jeho hodnoty;
- specifikovat osvětlovací zařízení vhodné pro užití v daném prostředí.

Standardní hodnota udržovacího činitele pro doly je 0,5. [5]

2. Požadavky na svítidla a světelné zdroje

2.1. Obecné požadavky

Světelné zdroje svítidel pro doly musí být chráněny kryty propouštějícími světlo, které mohou mít dodatečnou ochranu. Montáž svítidel nesmí být závislá na jediném šroubu. Jeden šroub s okem může být použit pouze tehdy, je-li nedílnou součástí svítidla, např. odlit nebo přivařen k závěru. Pro případ, že je zašroubován, pak musí být šroub s okem zajištěn pomocí samostatného prostředku proti uvolnění při namáhání krutem. Světelné zdroje s obsahem volného kovového sodíku nejsou dovoleny. Další požadavky na svítidla pro použití v dolech jsou uvedeny v ČSN EN 60079-0 ed. 4, kapitola 21, a v ČSN EN 60079-7 ed. 2, článek 5.3. [5]

2.2. Další požadavky na svítidla a světelné zdroje

Používaná svítidla a světelné zdroje musí splňovat následující požadavky na:

- přípustné pracovní polohy
- těsnost proti prachu a vodě
- křivku svítivosti
- provozní účinnost světla
- rázovou a vibrační pevnost
- mechanickou pevnost
- odolnost proti korozi
- rozměry a hmotnost
- měrný výkon světelného zdroje
- životnost
- signálovou stálost
- barvu světla
- barevný reprodukční odstín
- zpožděné spínání
- světelný tok světelného zdroje
- příkon světelného zdroje s předřadníkem

2.3. Zvýraznění objektů

Osoby a předměty jsou před jasným pozadím snadno postřehnutelné. Prostorově ohraničené plochy jsou proto podle možností zesvětlené. Bílý až jasně žlutý barevný nátěr vozidla, stroje a jiného provozního zařízení (stítové výztuže) zvyšuje jejich jas. [5]

2.4. Údržba osvětlovacích zařízení

Svítlidla mají být čištěna v pravidelných časových intervalech a v případě potřeby. Pro usnadnění údržby mají být svítidla lehce a bez nebezpečí dosažitelná a světelné zdroje dobře přístupné. U špatně přístupných osvětlovacích zařízení, např. v nárazištích a dílnách, má být podle určených dob účinnosti prováděna výměna světelných zdrojů ve skupině se současným čištěním svítidla. Údržba osvětlovacího zařízení nebo soustavy musí být provedena na základě plánu údržby, podle kterého je stanoven udržovací činitel. [5]

3. Přehled požadavků na osvětlení v podzemí dolů

3.1 Uspořádání tabulky

Sloupec 1 uvádí seznam prostorů, úkolů nebo činností, pro něž jsou uvedeny jednotlivé požadavky. Nejsou-li v seznamu některé prostory, úkoly nebo aktivity uvedeny, použijí se hodnoty pro podobné, srovnatelné zrakové úkoly.

Sloupec 2 udává udržovanou osvětlenost E_m na srovnávací rovině pro prostor, úkol nebo činnost uvedené ve sloupci 1.

Sloupec 3 udává minimální rovnoměrnost osvětlení U_a na srovnávací rovině pro prostor, úkol nebo činnost uvedené ve sloupci 1.

Sloupec 4 udává mezní hodnoty činitele oslnění (GRL) platné pro situace uvedené ve sloupci 1. Sloupec 5 udává minimální index podání barev (R_a) pro situace uvedené ve sloupci 1.

Sloupec 6 obsahuje rady a poznámky s výjimkami a zvláštními aplikacemi pro situace uvedené ve sloupci 1. [5]

3.2 Požadavky na osvětlení prostorů, úkolů a činností v podzemí dolů - ČSN 36 0050-1

Tabulka 2-Požadavky na osvětlení prostorů, úkolů a činností v podzemí dolů

Ref. číslo	Druh prostoru, úkolu nebo činnosti	E_m lx	U_o –	GRL –	R –	Poznámka
6.2.1	Lokomotivní chodba – optické vedení	5	0,25	55	20	Bezpečnostní barvy musí být rozlišitelné.
6.2.2	Porub, čelba – základní zřetelnost v pracovním prostoru	10	0,25	40	20	
6.2.3	Dno šachtice při hloubení šachtic – prostorový přehled	10	0,25	40	20	Dno šachtice, pokud se v ní pracuje, musí být osvětleno tak, aby bylo spolehlivě viditelné od ústí šachtice.
6.2.4	Komora a její ústí při dobývání uhlí komorováním – prostorový přehled	10	0,25	40	20	Komora a její ústí musí být řádně osvětleno.
6.2.5	Stanoviště obsluhy zařízení pro dopravu samospádem – prostorový přehled	10	0,25	40	20	
6.2.6	Oblast porubového vynášecího/nakládacího dopravníku – přehlednost	20	0,25	45	20	Zabránit stroboskopickému jevu.
6.2.7	Oblast přechodu porub-chodba	20	0,25	45	20	
6.2.8	Místa na trati se strojní dopravou, která je ve směně stále obsluhována - prostorový přehled	20	0,25	45	20	
6.2.9	Důlní dílo pro dopravu dopravníky při přepravě osob	20	0,25	45	20	V době přepravy osob musí být důlní dílo osvětleno po celé délce přepravy.
6.2.10	Místa výsypu na dopravních cestách pro důlní bezkolejové stroje, stavební stoje, motorová vozidla a motorové vozíky – prostorový přehled	20	0,25	45	20	
6.2.11	Sklady plynů, hořlavých kapalin a tuhých paliv – prostorový přehled	20	0,25	45	20	
6.2.12	Části zařízení pod podlahou a na plošinách - prostorový přehled	20	0,25	45	20	Volný prostor bezpečně přístupný a podle potřeby osvětlený.
6.2.13	Pohon dopravníku, montážní místo sekcí výztuže – značení nebezpečí; redukování oslnění hlavovým světlem	30	0,25	55	20	1. Bezpečnostní barvy musí být rozlišitelné. 2. Zabránit stroboskopickému jevu.
6.2.14	Náraziště jam a úpadnic – prostorový přehled	150	0,40	45	20	
6.2.15	Nástupiště a jejich nejbližší okolí – prostorový přehled	150	0,40	45	20	
6.2.16	Opravářská a montážní oblast dílny – detailní značení (bez hlavového světla)	200	0,50	45	60	
6.2.17	Provozovny bez stálé obsluhy – detailní značení	200	0,50	45	60	

Tabulka 3 – příklady osvětlenosti v dolech různých zemí – ČSN36 0050-1

umístění a minimální požadována osvětlenost (s rozsahem) [lx]				
Země	Šachty	Stroje	Doprava	Nakládání
Austrálie	20	20		20
Belgie	20-50	25	10	20
Kanada	21-50	50	21	20
Česká republika	15	20	5	20
Německo	30-40	40-80	15	40
Maďarsko	40-100	20-50	2-10	40
Polsko	30-50	10-50	2-10	15
Velká Británie	70	30	25	30

Z tabulky č.3 je možno vyčíst, že normalizovaná osvětlenost v různých důlních pracovištích ve vybraných zemích těžící uhlí různá. V minimálních požadavcích jsou velké výkyvy. Pro Českou republiku jsou kladeny téměř nejnižší nároky na osvětlenost. [5]

4. Technologické možnosti osvětlování důlních prostor

4.1 Historie

Použití důlních kahanů, lamp a svítidel vychází z dávné historie hornictví a následných potřeb lidstva po značnou dobu jeho vývoje. Uhlí, bylo a je nezbytnou součástí života člověka na zemi. Horník byl zpravidla na počátku výrobního procesu směřující ho k získání uhlí a jeho dalšího zpracování stejně jako dalších nerostů.

Hornictví jistě patří k nejstarším lidským dovednostem. S přihlédnutím ke geologickým podmínkám ložisek nerostných surovin bylo a je nutné provádět práce i v podzemí. A pro horníka v podzemí je světlo skutečně nejen symbolem života, ale je nezbytné k vlastnímu vyhledání nerostu, k bezpečné práci na čelbě, v rubání, v dopravě a podobně.

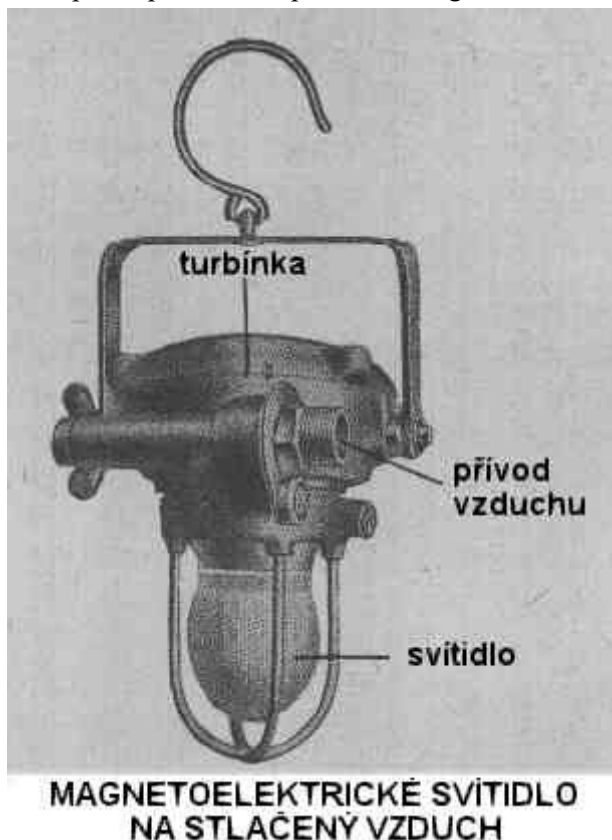
Hornictví dosáhlo společenského uplatnění a nabylo svého významu zvláště po objevení zásob stříbra a zlata, které byly zárukou bohatství panovnických rodů. Jedny z nejstarších písemných zpráv u nás se váží na slavné horní právo „Ius regale montanorum“ z konce 13. století, které vytvořilo kodex dosud platného práva.



Obrázek 3 –historická svítidla

Dříve se používaly přenosné svítilny na různé zdroje světla jako např. Acetylenová (karbidová) lampa, Benzinová (Davyho) větérka, přenosná žárovková svítidla:
elektrická svítidla s kyselinovým akumulátorem
elektrická svítidla s alkalickým akumulátorem

Kromě klasických žárovkových, zářivkových a výbojkových lamp v nevýbušném prostředí pro nebezpečné prostředí se používala magnetoelektrická svítidla poháněná stlačeným vzduchem.



Obrázek 4 – magnetoelektrické svítidlo

V šedesátých letech minulého století byla zahájena elektrifikace dolů na Karvinsku (Důl František 1965) a tím i nástup osvětlení v dole. Začala se používat žárovková svítidla a moderní vývoj světelných zdrojů se projevuje na důlních pracovištích dodnes.

4.2 Světelné zdroje používané v dole

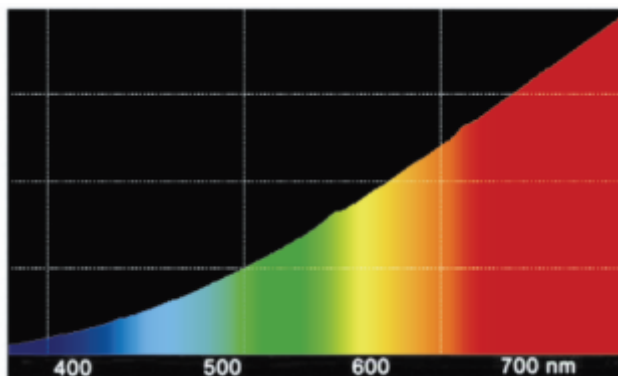
V černouhelných dolech se používají nejčastěji žárovky, zářivky, nízkotlaké rtuťové výbojky a v posledních letech rozvojem i LED diodové zdroje.

Světelné zdroje jsou základním prvkem osvětlovacích soustav. Z umělých zdrojů světla mají největší význam zdroje napájené elektrickou energií, tedy elektrické světelné zdroje. Na správné volbě světelného zdroje z velké části závisí, jak kvalitní a hospodárná bude celá osvětlovací soustava.

4.3 Žárovkové světelné zdroje

Odporovým vláknem žárovky, které je vyrobené z wolframu, prochází elektrický proud, vznikají ztráty a elektrická energie se nejprve mění na teplo – vlákno se zahřívá. Vláknem zahřáté na vysokou teplotu se stává zdrojem záření. Z principu žárovek vyplývá, že až 95 % dodané elektrické energie se mění na teplo (odváděné zářením v infračervené oblasti spektra, kondukcí a konvekcí) a jen zbylých 5 % se mění na světelné záření. Ačkoli jsou žárovky značně nevhodné, jsou však stále oblíbené a mají

uplatnění hlavně tam, kde se svítí krátce. Mezi výhody žárovek patří jejich jednoduchá konstrukce, malé rozměry a hmotnost, jednoduché napájení, nízká cena, okamžitý start, stabilní svícení během celé životnosti, spojité spektrum, index podání barev $R_a = 100$, široká škála příkonů a napětí, nezávislost na teplotě okolí a fakt, že neobsahují látky, které by enormně zatěžovaly životní prostředí. Žárovky mají i své nevýhody, které spočívají v malé životnosti, malém měrném výkonu a výrazné závislosti parametrů na stabilitě napájení – změna napětí o 1 % vyvolá změnu měrného výkonu o 3,6 %. Žárovky se vyrábějí v různých variantách tvaru baňky (obyčejné, svíčkové, kulové, tvarované, lineární), povrchového zpracování baňky (čiré, matné, opálové, reflektorové, barevné) i velikosti napájecího napětí či typu patice. [1]



Obrázek 5- spektrum žárovky

4.4 Zářivky a kompaktní zářivky

Princip, funkce zářivek ve skleněné trubici jsou vlivem elektrického pole mezi elektrodami vybuzeny páry rtuti, ve kterých dochází k emisi neviditelného UV záření. Speciální látka, luminofor, nanesený na vnitřním povrchu skleněné trubice přeměňuje neviditelné UV záření na světlo. Volbou luminoforu je možné ovlivnit spektrum světla vyzařované zářivkou.

Zářivky jsou nízkotlaké rtuťové výbojky, které vyzařují hlavně v oblasti ultrafialového záření. Toto se transformuje ve viditelné záření pomocí luminoforu. Jako všechny výbojky se ani zářivky neobejdou bez předřadných přístrojů. Po zapálení výboje je napětí na zářivce nižší než síťové napětí. V případě použití magnetického předřadníku se na tlumivce vytvoří úbytek napětí, který omezí proud tekoucí zářivkou, v případě použití elektronického předřadníku je proud zářivky řízen elektronickými obvody. Zářivky typu T5 mají průměr trubice 16 mm, jsou kratší než standardní trubice T8 s průměrem 26 mm. Nabízejí vyšší měrný výkon až $104 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$ a jsou určeny pouze pro provoz s elektronickými předřadníky.

Zářivky T5 dosahují úspor oproti zářivkám T8 v následujících oblastech:

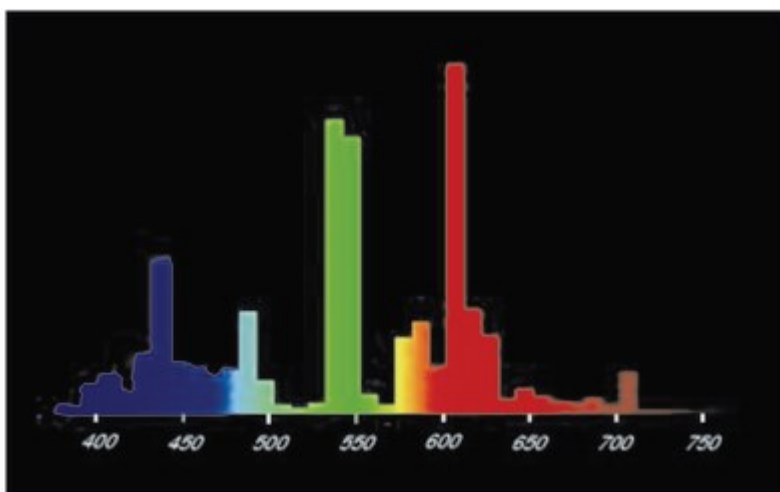
- vyšší měrný výkon zářivek T5 s elektronickým předřadníkem,
- vyšší účinnosti svítidel vlivem nižšího odstínění o 40 % štíhlejší zářivky

- se zářivkami T5 je možné konstruovat subtilnější svítidla, z čehož plynou další materiálové úspory.

Životnost zářivek je silně ovlivněna počtem zapnutí. Nehodí se proto tam, kde dochází k častému zapínání a vypínání. Podle způsobu provozu se mění i doba života zářivek. Při provozu s klasickým předřadníkem se životnost zářivky pohybuje okolo 10 000 h, zatímco při provozu s elektronickým předřadníkem se pohybuje okolo 18 000 h.

Na rozdíl od žárovek, u kterých světelný tok dosahuje jmenovité hodnoty téměř okamžitě, zářivky dosahují jmenovité hodnoty až po cca 3 min provozu. Zářivky jsou také velmi teplotně závislé, a proto se nehodí pro osvětlování venkovních prostorů. Zářivky se lze pomocí elektronického předřadníku stmívat v rozsahu 1-100 % světelného toku.

Zářivky se vyrábějí v širokém spektru náhradních teplot chromatičnosti od 2 700 do 8 000 K a s indexem podání barev 60–98. Existují i speciální zářivky barevné, s prodlouženou servisní životností až 75 000 h nebo s upraveným spektrem pro pěstování rostlin, chov zvířat a další. [1]



Obrázek 6- spektrum zářivky

4.5 Světelné diody LED

LED se v posledních letech ve stále větší míře využívají ve všech oblastech osvětlovací techniky, včetně osvětlení v podzemí. Za své rozšíření vděčí především rostoucímu měrnému výkonu až 100 lm/W. Světelné diody představují elektronický prvek, který generuje světelné záření při průchodu proudu polovodičovým přechodem. Používá tedy jiný fyzikální princip než žárovky nebo výbojky a má mnoho vlastností, kterými se od předchozích klasických zdrojů světla odlišuje. Polovodičový přechod vyzařuje velmi úzké spektrum. Primární záření je v podstatě monochromatické. LED jsou již dnes vysoce účinný světelný zdroj, který se prosazuje namísto konvenčních světelných zdrojů. [1]

5. Elektrické instalace

Zřizování elektrických instalací v hlubinných dolech se řídí normou ČSN EN 50628 platná od února 2017, která nahrazuje normu ČSN 341415.

Elektrická zařízení instalována v dolech, kde se může vyskytovat v atmosféře nebezpečná koncentrace metanu (CH_4), používají se ochranná opatření, tak aby bylo za normálního provozu elektrické zařízení, instalace a za poruchových stavů vyloučeno zapálení důlního plynu.

Skutečnost, že metan je v podzemních dílech jedním z hlavních nebezpečí je potřeba posuzovat výběr všech elektrických zařízení s ohledem na toto nebezpečí.

Téměř všechna důlní díla jsou zařazena jako nebezpečné prostory. Klasifikace do zón zde není možná, protože stupeň expozice v těchto prostorech nezávisí na místních parametrech, nýbrž na časových parametrech. Podle ATEX směrnice (2014/34EU) se prvotní instalace zařízení může měnit od normálně přístupné koncentrace metanu v důlním ovzduší (do 0,25 % průměrně za 24 hodin) až po zvýšenou koncentraci (do 1%), zde se vyžaduje zařízení kategorie M1.

Ve kterémkoliv důlním díle, bez ohledu na velikost, může být vícero iniciačních zdrojů, než jsou jen zdroje spojené s elektrickým zařízením.

Důlní činnosti vytvářejí pro elektrické instalace kromě problémů s důlním plynem další problémy. Těžké podmínky vyvolané klimatem, tlakem hornin, geometrickými rozměry podzemních důlních děl, samotným dobýváním a ostatními podobnými činnostmi a podmínkami, proto vyžadují zvláštní specifikace pro elektrické instalace v hlubinných dolech.

Pro rozvod elektrické energie v dole lze použít jen elektrickou síť s ochranou samočinným odpojením od zdroje (sít' IT).

Sítě do 1000 V, které nejsou jiskrově bezpečné, musí být zřizovány tak, aby v případě úplné zemní poruchy by poruchová část sítě automaticky vypnuta do 1,5 s. [7]

5.1 Svítidla a světelná instalace

V důlních dílech černouhelných dolech, které jsou zařazeny jako prostory bez nebezpečí výbuchu musí být svítidla a pomocná zařízení pro připojení kabelu rovněž v nevýbušném provedení. Výběr správných osvětlovacích těles musí tedy vyhovět kromě světelně – technických parametrům ještě dalším aspektům, jako jsou: - těsnost proti prachu, - rázová a vibrační pevnost, - mechanická pevnost, - odolnost proti korozi, - míra a hmotnost, - nevýbušnost. Při navrhování jakéhokoliv zařízení v dole je nutné při výběru veškerých prvků dbát na to, aby u nich byla řešena ochrana zohledňující vznícení metanu a uhelného prachu, společně se zvýšenou fyzickou ochranou zařízení používaných v dolech. [7]

5.2 Kabely a jejich konstrukce

Vně elektrických zařízení musí být použity pouze ty typy kabelů, které jsou vhodné s ohledem na požadavky okolního prostředí a elektrické požadavky.

Ostatní konstrukce jsou povoleny za předpokladu, že jsou podobné s odpovídajícími konstrukčními požadavky.

Materiál vodičů měď, ocel a ta však pouze pro stínění, ochranné vodiče a vodiče pro pospojování, pouze pozinkované ocelové pásky.

Pláště a vnější ochranné vrstvy kabelů musí být samozhášivé a se sníženou tvorbou kouře a musí být v souladu s okolními vlivy.

Izolace vodičů v kabelu pro obvody v sítích s diferenciální ochranou musí zvoleny s ohledem na maximální napětí za provozních podmínek. [7]

Pláště kabelů musí být trvale a po celé délce označeny barevně:

- červené pro sítě s napětím vyšším než 1 kV.
- žluté pro sítě se jmenovitým napětím do 1 kV.
- šedé pro telekomunikační sítě
- světle modré pouze pro jiskrově bezpečné rozvody.



Obrázek 7 – kabel pro osvětlení OpnZGcekž-G 0,6/1kV

1.1.1 Druhy závěrů nevýbušných svítidel



I M2 Ex d IMb
II M2G Ex dIIBT6GB
II M2D Ext IIIC T56°C Db

Obrázek 8 – označení elektrického zařízení pro prostředí s nebezpečím výbuchu

5.3 Zařazování elektrických zařízení do skupin

Doly se dále zařazují z hlediska důlních otřesů a na plynující nebo neplynující. Doly II. třídy nebezpečí jsou všechny závody OKD a doly s nebezpečím průtrží hornin, uhlí a plynů. Ostatní plynující doly jsou doly I. třídy nebezpečí. Za nebezpečný plyn se v uhelných dolech považuje všeobecně metan CH₄.

Výrobky pro použití v dolech jsou dle ČSN EN 60079-0 ed. 3 charakterizovány jako elektrické zařízení skupiny „I“. Správnost výběru z hlediska těchto požadavků je často provozně kontrolována a revidována. Proto i při nákupu elektrických zařízení je nezbytné mít od výrobce certifikát o přezkoušení typu ATEX, kde bude uvedena kategorie výrobku a svítidlo bude mít tento údaj na svém štítku.

Nevýbušná elektrická zařízení se rozdělují do skupin:

- skupina I elektrická zařízení pro doly s výskytem metanu
- skupina II elektrická zařízení pro výbušnou plynou atmosféru jinou než pro doly s výskytem metanu

Elektrická zařízení skupiny I nesmí maximální teplota překročit 150°C na jakémkoliv povrchu, kde uhlenný prach může tvořit vrstvy a teplotu 450°C, kde se nepředpokládá, že uhlenný prach bude tvořit vrstvy, jen tehdy, že je skutečná povrchová teplota vyznačena na zařízení. [6]



Obrázek 9 – vysvětlivky značení elektrického zařízení

5.4 Pevný závěr

Konstrukce svítel do prostředí s nebezpečím výbuchu nabízí několik způsobů řešení ochrany pro černouhelné doly se používají tyto závěry:

Pevný závěr "d" (protipožární pouzdro "d") ČSN EN 60 079-1

Typ ochrany, u nichž jsou části schopné spalovat výbušnou plynnou atmosféru umístěnou uvnitř závěru; tento závěr při výbuchu výbušné směsi uvnitř závěru udržuje výbuchový tlak a zabránění přenesení výbuchu do výbušné plynné atmosféry v okolí závěru.

Zajištěné provedení "e" (zvýšená bezpečnost "e") ČSN EN 60 079-7

Typ ochrany proti výbuchu pro elektrické zařízení, u nichž se používají dodatečná opatření, která zvyšují bezpečnost proti nepříznivému zvýšení teploty a vzniku spár a oblouků při normálním provozu nebo za stanovených abnormálních podmínek.

Jiskrová bezpečnost "i" (jiskrová bezpečnost "i") ČSN EN 60 079-11

Typ ochrany je založen na omezení elektrické energie uvnitř zařízení a propojovacím vedení vystaveném výbušné atmosféře na úroveň nižší, než je hodnota schopná způsobit spuštění nebo tepelné účinky. [6]

6. Porovnání parametrů stávajících a dostupných svítidel pro osvětlení důlních prostor.

V hlubinných černouhelných dolech se před nástupem úsporných zářivek a následně LED diodových technologií požívala zejména žárovková, a zářivková svítidla, údržba těchto zařízení je časově náročná a drahá, proto v současné době, dochází k postupné rekonstrukci osvětlovacích soustav. Kvalitní LED diody jsou většinou určeny na nejméně 50.000 pracovních hodin. To znamená, že vydrží svítit téměř šest let. Některá zařízení potřebují vzhledem k přísným předpisům světlo nepřetržitě. Životnost tradičních zdrojů světla je podstatně menší, zhruba od 2000 do 20.000 hodin v perfektním stavu. Přechod na LED osvětlení tak může významně snížit náklady na údržbu. LED osvětlení je polovodičová technologie. Neobsahuje žádná křehká vlákna nebo rozbitné skleněné komponenty, které jsou citlivé na neustálé nárazy a vibrace. [11]

Pro porovnání stávajících a dostupných svítidel jsem vybral tato svítidla:

- a) Stávající
 - MINEX I výrobcce Elektrosvit Svatobořice a.s.,
 - Svítidlo 200 W nevýbušné 511 13 09 (5111309) Výrobce Elektrosvit n.p.
- b) Dostupná
 - MINEX I LED výrobcce Elektrosvit Svatobořice a.s.,
 - SWIT 08 výrobcce Elektrometal SA
 - SLX LED výrobcce Phoenix USA

6.1 Technický popis stávajících svítidel

6.1.1 Svítidlo 200 W nevýbušné 511 13 09 (5111309)



Obrázek 9 – žárovkové svítidlo

Svítidlo bylo vyráběno v letech 1970–1990, v roce 2010 prošlo toto těleso modernizací firmou DIOS Systems s.r.o., a ze žárovkové svítidlo bylo repasováno na kompaktní zářivky DZ 2x 9 W.

Technický popis: Těleso a příruba svítidla jsou odlitky z hliníku povrchově upraveny šedou barvou. Optický kryt je z kaleného skla. Po bocích tělesa jsou dvě kabelové vývodky. Uvnitř svítidla je zabudovaná keramická objímka E27 pro žárovky 60–200 W. Dosedací plocha mezi přírubou a tělesem svítidla tvoří spáru nevýbušného závěru „d“. Svítidlo je konstruované jako průchozí, svorkovnice umožňuje vystřídání dvou fází (čtyř žilový kabel). Při použití svítidla jako koncové se volná kabelová vývodka zaslepí zátkou. Max. průřez připojovacích vodičů je 4mm².

Repasované těleso – Uvnitř svítidla je zabudován elektronický předřadník a dvě plastové patice DZ G23 pro kompaktní zářivky Master PL 9 W/830/G23 2pin.

6.1.2 MINEX I



Obrázek 10 – MINEX I

Technický popis: Těleso a příruba svítidla jsou odlitky z šedé litiny povrchově upraveny práškovou barvou RAL 1005. Optický kryt je z kaleného skla. K horní části tělesa je připevněn ocelový závěs s okem. Po bocích tělesa jsou dvě kabelové vývodky. Uvnitř svítidla je zabudován elektronický předřadník a tři plastové patice DZ G23 pro kompaktní zářivky Philips Master PL 9 W/830/G23 2pin. Dosedací plocha mezi přírubou a tělesem svítidla tvoří závitovou spáru nevýbušného závěru „d“. Svítidlo je konstruované jako průchozí, svorkovnice umožňuje vystřídání dvou fází (čtyř žilový kabel). Při použití svítidla jako koncové se volná kabelová vývodka zaslepí zátkou. Max. průřez připojovacích vodičů je 4 mm².

6.1.3 SWIT 08



Obrázek 11 – SWIT 08

Optický systém založený na 12 LED diodách je navržen pro co nejlepší osvětlení prostoru okolo lampy, nejen pod ní. Difuzér je k dispozici v průhledné nebo matné verzi – redukuje efekt oslnění. Lampa je dodávána ve dvou verzích, které se liší v spotřebě energie a druhu použitých LED diod.

Skříň svítidla se vyznačuje velmi vysokou odolností proti mechanickým nárazům. Je vyrobena z oceli a litiny. Během výroby prochází galvanickým procesem, který zajišťuje další ochranu proti korozi. Stínidlo je vyrobeno z nárazuvzdorného polykarbonátu. Použití gumového těsnění mezi tělem a krytem lampy. To umožňuje dosáhnout ochrany IP65.

Široká škála napájecích zdrojů umožňuje pokrýt celý rozsah napětí používaný v podzemí dolů

24 V, 42 V, 127 ÷ 230 V a 24 ÷ 230 V. Velký svorkovnice (vodiče o průměru max. 10mm²)

usnadňuje instalaci napájecích kabelů. Svítidla ze série ŠWIT-08 mohou mít na stranách drážky: ŠWIT-08 nebo na zadní straně ŠWIT-08 T.

6.1.4 MINEX I LED



Obrázek 12 – MINEX I LED

Technický popis: Těleso a příruba svítidla jsou odlitky z šedé litiny povrchově upraveny práškovou barvou RAL 1005. Optický kryt je z kaleného skla. K horní části tělesa je připevněn ocelový závěs s okem. Po bocích tělesa jsou dvě kabelové vývodky. Uvnitř svítidla je zabudovaný LED modul, který se skládá z desky osazené LED diodami a napájecího zdroje. Dosedací plocha mezi přírubou a tělesem svítidla tvoří závitovou spáru nevýbušného závěru „d“. Svítidlo je konstruované jako průchozí, svorkovnice umožňuje vystřídání dvou fází (čtyř žilový kabel). Při použití svítidla jako koncové se volná kabelová vývodka zaslepí zátkou. Max. průřez připojovacích vodičů je 4 mm².

6.1.5 SLX LED



Technický popis: Plášť tělesa svítidla je odlit z hliníku povrchově upravený práškovou barvou. Optický kryt je z kaleného skla. K horní části tělesa je připevněn ocelový závěs. V zadní části tělesa je kabelová vývodka. Uvnitř svítidla je zabudovaný LED modul, který se skládá z desky osazené LED

diodami a napájecího zdroje. Dosedací plocha mezi přírubou a tělesem svítidla tvoří závitovou spáru, namazanou neabsorbovanou vazelínou, nevýbušného závěru „d“. Svítidlo je konstruované jako neprůchozí, svorkovnice umožňuje vystřídání dvou fází (čtyř žilový kabel). Max. průřez připojovacích vodičů je 4 mm².

Tabulka 4 – porovnání parametrů stávajících a dostupných svítidel

Svítidlo	Stávající			Dostupná		
	MINEX I	Svítidlo 511 13 09	Svítidlo repase 511 13 09	SWIT 08	MINEX I LED	SLX LED
Světelný zdroj	Kompaktní zářivka	Žárovka	Kompaktní zářivka	LED dioda	LED dioda	LED dioda
Napětí [V]	230 V/50Hz	231 V/50Hz	232 V/50Hz	233 V/50Hz	234 V/50Hz	120-277V/50-60Hz
Příkon [W]	27	max 200	20	30	24	39W
světelný tok [lm]	1800	3150	1200	3000	1550	2540
teplota chromatičnosti [K]	3000	2700	3000	4000	6000	5400-5600
Index podání barev	80-89	100	80-89	70	70	70
Měrný světelný výkon [lm/W]	67	16	60	100	65	65
Stupeň IP	65	65	65	65	65	65

6.1 Porovnání světelných zdrojů

Světelné zdroje je možno porovnávat s využitím celé řady kritérií včetně teplota chromatičnosti, nebo index podání barev. Z energetického hlediska je však nejdůležitějším parametrem účinnost – kolik světla lze získat při určitém elektrickém příkonu.

Účinnost světelných zdrojů neboli jejich měrný světelný výkon, se vytrvale zvyšuje. Měrný světelný výkon klasické žárovky se pohybuje při 100 W žárovce okolo 9 lumenů na watt (lm/W).

6.3.1 Porovnání podle příkonu

Světelné zdroje přímo podle jejich elektrického příkonu porovnávat nelze. Účinnost jednotlivých technologií se totiž výrazně liší.

Různá je však i účinnost jednotlivých výrobků v rámci jedné kategorie. Nemusí se přitom jednat o důsledek nízké kvality. Například účinnost klasických žárovek je do určité míry závislá na jmenovitém příkonu – s rostoucím příkonem se účinnost významně zvyšuje. U halogenových žárovek kromě toho účinnost závisí na jmenovitém napětí. Při srovnatelném příkonu mají halogenové žárovky pro jmenovité napětí 12 V až o 20 % vyšší účinnost, než žárovky pro napětí 230 V.

Účinnost speciálních žárovek může naopak být výrazně nižší než účinnost běžných žárovek srovnatelného příkonu. Například běžné žárovky, které mají teplotu chromatičnosti 2700 K se světelná účinnost pohybuje mezi 3 až 5 lm/W, což je polovina až čtvrtina obvyklé hodnoty při příkonu 40 až 60 W.

Světelná účinnost kompaktních zářivek je obvykle zhruba čtyřikrát vyšší než u klasických žárovek srovnatelného světelného výkonu. Kromě toho je však zhruba pětikrát až desítkrát delší i jejich deklarovaná životnost. Ještě lepších parametrů jak v účinnosti, tak v životnosti dosahují lineární zářivky. Další jejich výhodou je oddělený elektronický předřadník, při poruše potom stačí vyměnit pouze vadnou část.

Hodnotíme-li zdroje pro osvětlování důlních prostor, pak vůbec nejlepších parametrů jak ve světelném toku, tak v životnosti dosahují světelné zdroje na bázi LED diod.

6.3.2 Porovnání podle světelného toku

Poněkud překvapivé je, že i podle světelného toku lze přímo porovnávat pouze světelné zdroje stejného typu, tj. žárovky se žárovkami nebo zářivky se zářivkami. Při porovnávání rozdílných zdrojů, například zářivek a LED je nutno vzít v úvahu rozdílný charakter světla. Určitému výkonu klasické žárovky potom odpovídá u každého alternativního světelného zdroje jiný světelný tok.

Vedle povinných parametrů (příkon, světelný tok, životnost v hodinách, počet spínacích cyklů a další parametry) může být uvedeno i srovnání s klasickou žárovkou. V takovém případě se uvádí ekvivalentní výkon klasické žárovky po zaokrouhlení na celé watt. Podklady pro přepočítání světelného toku alternativních světelných zdrojů na příkon ekvivalentní klasické žárovky jsou uvedeny v tabulce 5. Z tabulky lze vyčíst, že světelný tok kompaktní zářivky musí být zhruba o 5 % vyšší než u halogenové žárovky. V případě LED a jiných světelných zdrojů je rozdíl ještě vyšší – téměř 15 %.

Tabulka 5 – přepočítání světelného toku světelných zdrojů na ekvivalentní příkon klasické žárovky

Jmenovitý světelný tok světelného zdroje Φ [W]/[lm]			Světelný výkon [W]/[lm]
kompaktní zářivky	halogenové žárovky	LED a jiné světelné zdroje	Klasická žárovka
9/432	20/410	5/470	40/500
15/741	30/702	10/806	60/750
25/1 398	55/1 326	19/1521	100/1300

6.2 Zhodnocení porovnání stávajících a dostupných svítidel

V důlním průmyslu lze dnes pro kontrolu poptávky a cen udělat velmi málo. Doly na celém světě tak začínají problém řešit z opačného konce, snižují provozní náklady. Své omezené zdroje mohou maximalizovat efektivní, zelenou technologií, jako je například LED osvětlení.

Tradičním svítidlům škodí různé důlní vlivy jako jsou vibrace spojené s pohybem zařízení, na kterém jsou svítidla pevně namontována, nebo geomechanické jevy, jízda pásových dopravníků a zvěstných lokomotiv jejichž uchycení je na stejné výztuži a kde jsou namontována svítidla.

V rámci porovnávání jednotlivých svítidel, jejich technických a světelných parametrů, stávajících a dostupných svítidel jsem pro svůj projekt vybral dvě dostupná svítidla, a to MINEX I LED a SWIT 08. Konečné rozhodnutí, které svítidlo vyberu k realizaci projektu určím až ze světelně technického návrhu a z výpočtu osvětlenosti pracovní roviny této soustavy.

7. Světelně-technický návrh osvětlovací soustavy překopu

7.1 Výpočet umělého osvětlení

Účelem výpočtů je stanovit počet a rozmístění svítidel, aby byla zajištěna optimální pohoda světelného mikroklimatu. Zvolená metoda závisí na kategorii osvětlení a projekčním stupni. Uvedené metody se používají pro orientační stanovení počtu svítidel osvětlovací soustavy ve fázi projekční přípravy. Ve fázi realizační projektové dokumentace jsou světelně technické výpočty osvětlení prováděny na počítači s použitím výpočetních programů firem vyrábějících svítidla. V programech jsou zahrnuty veškeré údaje od vyráběných svítidel potřebné pro přesný výpočet. [1]

Výpočty umělého osvětlení jsou prováděny těmito metodami:

- Metoda toková
- Metoda bodová
- Metoda poměrného příkonu

7.7.1 Toková metoda

U tokové metody se určuje světelný tok zdrojů potřebný pro zjištění požadované osvětlenosti. Potřebný počet svítidel se pak určí dle vzorce:

$$n_s = \frac{E_m \cdot S}{\eta_{os} \cdot Z \cdot \Phi_s} \quad (2)$$

kde n_s je počet svítidel osvětlovací soustavy, Φ_s světelný tok všech zdrojů jednoho svítidla, E_m udržovaná osvětlenost prostoru, S je plocha prostoru, η_{os} činitel využití osvětlovací soustavy.

Z udržovací činitel (0,45 – 0,65), který se stanoví jako součin dílčích činitelů

7.7.2 Metoda bodová

Bodová metoda výpočtu platí přesně pouze pro bodový zdroj světla, jehož rozměry se blíží k nule. Skutečný zdroj má však vždy určité rozměry, což způsobuje určitou chybu výpočtu. Aby se tato chyba zmenšila, rozdělují se světelné zdroje podle poměru jejich rozměrů ke vzdálenosti od kontrolního místa na zdroje bodové, přímkové a plošné.

Pro osvětlenost E pro zdroj bodový v určitém bodě roviny kolmé ke směru osvětlování platí kvadratický zákon.

$$E = \frac{I}{l^2} \quad (3)$$

V případě, že paprsky dopadají na osvětlovanou plochu pod určitým úhlem, platí kosinový zákon. [1]

$$E = \frac{1}{l^2} \cdot \cos \beta \quad (4)$$

kde E je osvětlenost (lx), l je vzdálenost zdroje od osvětlované plochy, $\cos \theta$ je svítivost zdroje při úhlu θ určená z křivky svítivosti světelného zdroje, θ – úhel dopadu světla na kontrolní rovinu, l – vzdálenost.

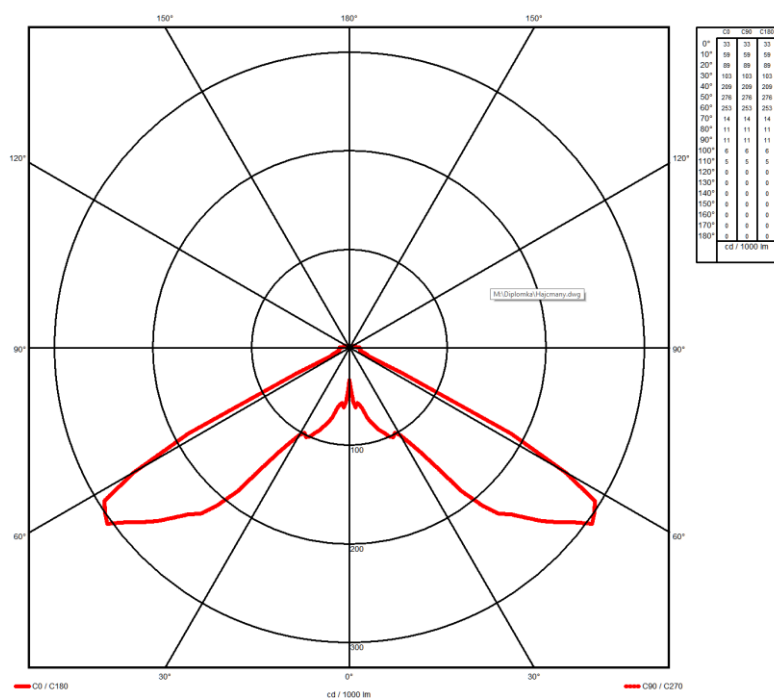
Křivky svítivosti jsou obvykle uvedeny pro referenční světelný tok $\varphi = 1000 \text{ lm}$. Protože světelný tok všech zdrojů světla φ_z instalovaných ve svítidle se obecně liší od referenčního světelného toku φ , je nutno svítivost γ stanovenou z křivky svítivosti přepočítat na skutečný světelný tok svítidla φ_z podle rovnice: [2]

$$I_{\gamma} = I_{\gamma}^{\prime} \cdot \frac{\phi_z}{\phi} = I_{\gamma}^{\prime} \cdot \frac{\phi_z}{1000} \quad (5)$$

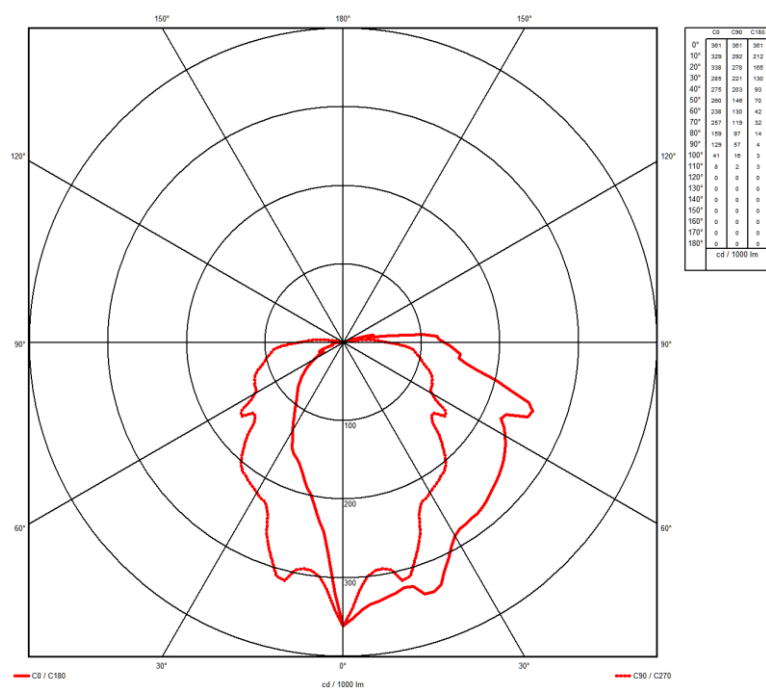
7.7.3 Ukázkový výpočet osvětlenosti důlní chodby

Výpočet celkové osvětlenosti E_0 při použití svítidla MINEX I LED a SWIT 08:

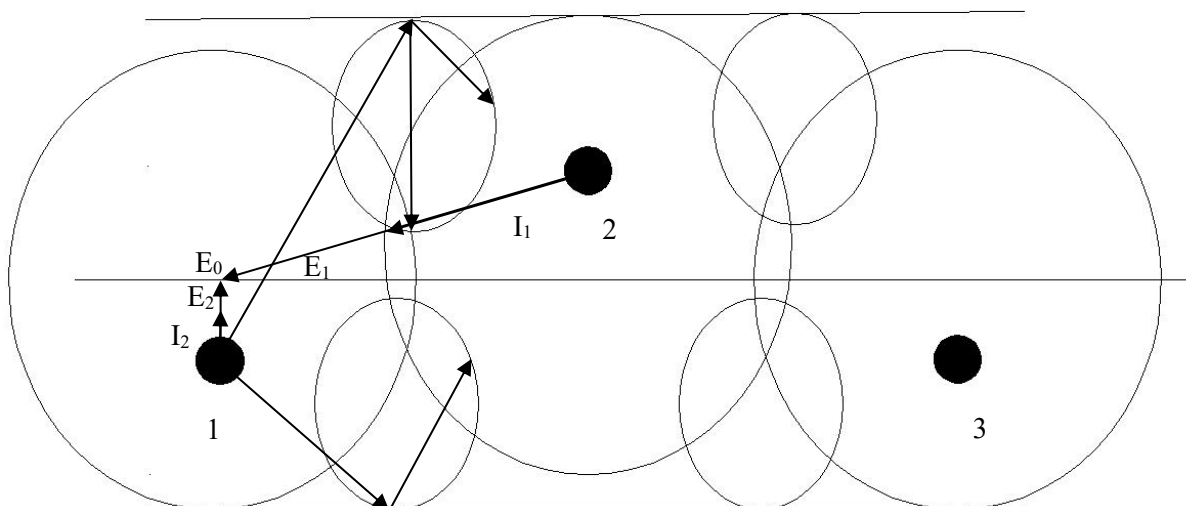
Osvětlovací soustava je střídavá svítidla jsou instalována ve dvou řadách v roztečích, co 10 m a řady jsou od sebe vzdáleny 2,8m ve výšce od počvy 3,8m.



Obrázek 13 – křivky svítivosti svítidla MINEX I LED

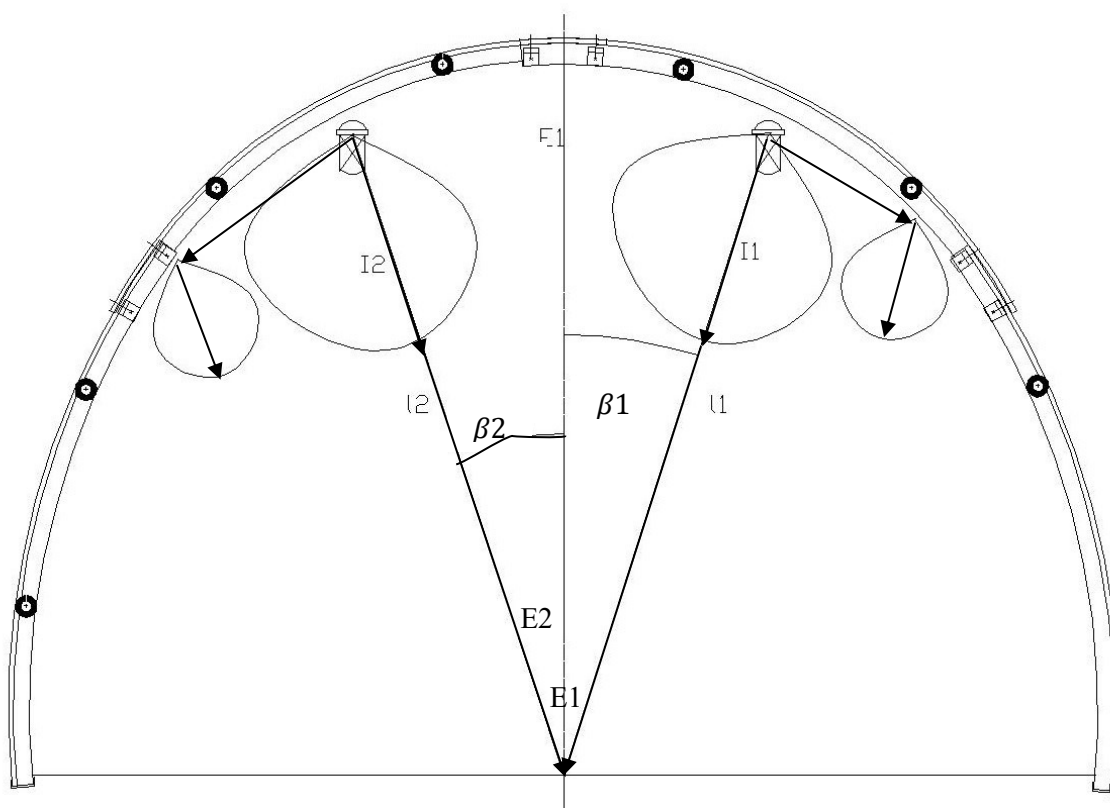


Obrázek 14 – křivky svítivosti SWIT 08



Obrázek 15 - rozmístění svítidel

1,2,3 – svítidla, E_1, E_2 – světelný vektor, I_1, I_2 – svítivost.



Obrázek 16 – náčrt výpočtu bodové metody důlní chodby E_0

Výpočet osvětlenosti v bodě E_0 :

MINEX I LED

Vstupní hodnoty: $I_1 = 89 \text{ cd/1000 lx}$, $I_2 = 11 \text{ cd/1000 lx}$, $\beta_1 = 87^\circ$, $\beta_2 = 18^\circ$, $l_1 = 7,3 \text{ m}$, $l_2 = 4,28 \text{ m}$.

$$E_{0M} = E_1 + E_2 = \frac{I_1 \cdot \cos \beta_1}{l_1^2} + \frac{I_2 \cdot \cos \beta_2}{l_2^2} = \frac{89 \cdot 0,05}{53,29} + \frac{11 \cdot 0,95}{14,36} \approx \underline{0,811 \text{ lx}} \quad (6)$$

SWIT 08

Vstupní hodnoty: $I_1 = 330 \text{ cd/1000 lx}$, $I_2 = 132 \text{ cd/1000 lx}$, $\beta_1 = 87^\circ$, $\beta_2 = 18^\circ$, $l_1 = 7,3 \text{ m}$, $l_2 = 4,28 \text{ m}$.

$$E_{0S} = E_1 + E_2 = \frac{I_1 \cdot \cos \beta_1}{l_1^2} + \frac{I_2 \cdot \cos \beta_2}{l_2^2} = \frac{330 \cdot 0,05}{53,29} + \frac{132 \cdot 0,95}{14,36} \approx \underline{9,042 \text{ lx}} \quad (7)$$

Aby by se výpočet blížil co nejvíce ke skutečným hodnotám musely by se započítat všechny přírůstky osvětlení se všech blízkých svítidel a difúzní odraznosti.

Výpočet udržované osvětlenosti \bar{E}_m :

Vstupní hodnoty: M_F z normy 0,5, $E_{0M} = 0,811 \text{ lx}$, $E_{0S} = \underline{9,042 \text{ lx}}$

MINEX I LED

$$\bar{E}_{mM} = E_0 \cdot M_F = 0,811 \cdot 0,5 \approx \underline{0,405 \text{ lx}}$$

(8)

SWIT 08

$$\bar{E}_{mS} = E_0 \cdot M_F = 9,042 \cdot 0,5 \approx 4, \underline{521 \text{ lx}} \quad (9)$$

7.7.4 Metoda poměrného příkonu

K stanovení příkonu osvětlovací soustavy poslouží metoda poměrného příkonu.

Požadovaný příkon vypočteme dle vzorce:

$$P = p \cdot S \cdot \frac{E}{100} \quad (10)$$

kde P je požadovaný příkon osvětlovací soustavy, p je poměrný příkon, S plocha místnosti a E osvětlenost (lx).

8. Projekt vybrané osvětlovací soustavy překopu

K vypracování projektu osvětlovací soustavy jsem si vybral software Relux, i když jsem se rozhodoval mezi Dialuxem a Reluxem.

V minulosti měla každá společnost svůj vlastní software pro výpočet nebo vykreslování osvětlení, což znamená, že projektant měl problémy s učením všech těchto programů, navíc tiskové výstupy a dokumentace se ve stejném projektu lišili od jedné místnosti k druhé.

A co když projektant chce navrhnout osvětlení pomocí svítidel od různých výrobců?

Použití jediného softwaru je zjevně mnohem lepší. Znat ovládání jednoho softwaru je lepší než vědět málo o všech.

Otázkou však je, jaký software mám použít?

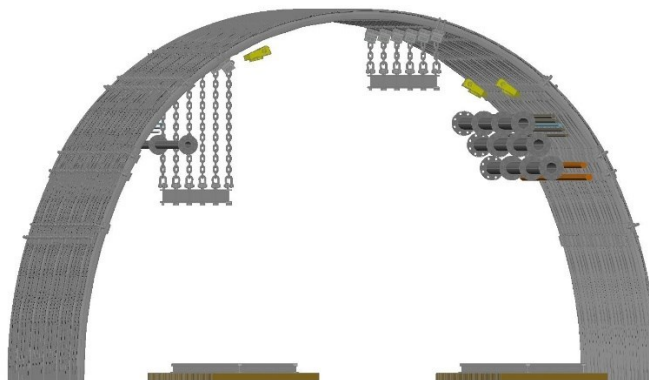
Musím říci, že do nynější doby jsem neměl zkušenost ani s jedním těchto pomocníků, volba to je těžká.

Ptal jsem se lidí v okolí, co používají tak to vyšlo půl na půl, je pravda, že jich moc nebylo, proto jsem prozkoumal sociální síť Facebook kolik má jeden či druhý příznivců.



Obrázek 17 – Relux vs Dialux Facebook

Jak je vidět z obrázku 17 má více příznivců Dialux, nakonec mi nezbylo mi nic jiného než se s oběma programy seznámit osobně. Po pár desítkách minut jsem se nakonec rozhodl pro Relux, neb pro navržení důlní chodby z CAD souboru bylo pro mne pochopitelnější a rychlejší, dál jsem se již s Dialuxem nezabýval.



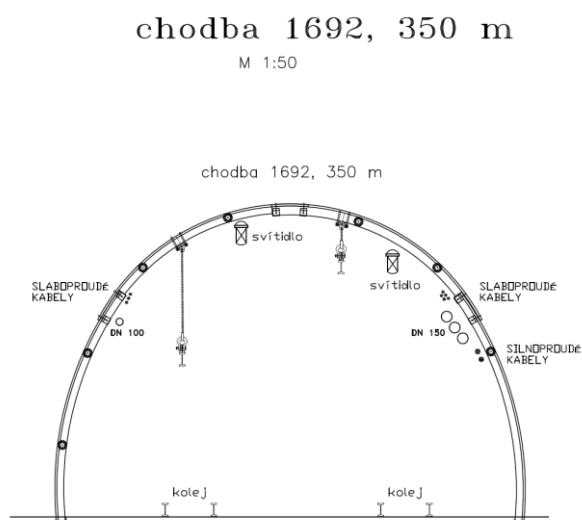
Obrázek 18 – 1692 CAD návrh

8.1 Popis důlní chodby 1692

Důlní chodba č. 1692 je určena jako centrální nakládací stanice materiálu pro pracoviště důlního závodu č.1 lokality Karviná – ČSA.

Důlní dílo se nachází na 11. patře dolu a začíná u úvodní jámy JAN délka tohoto překopu je 350 m, šířka 6,8m a výška v nejvyšším bodě je 4,3m. Po pravé straně důlního díla jsou tři tahy důlního potrubí o průměru 150 mm a po levé straně je jeden tah vodovodního potrubí o průměru 90 mm, oba tyto vodovodní řády jsou ve výšce 2,8 m od počvy.

Pro můj projekt jsem vybral dvacetimetrovou část, která poslouží jako segment pro návrh osvětlovací soustavy, od kterého se odvíjí celá chodba.



Obrázek 19- řez překopem 1692

8.2 Návrh osvětlení

8.2.1 Technické požadavky

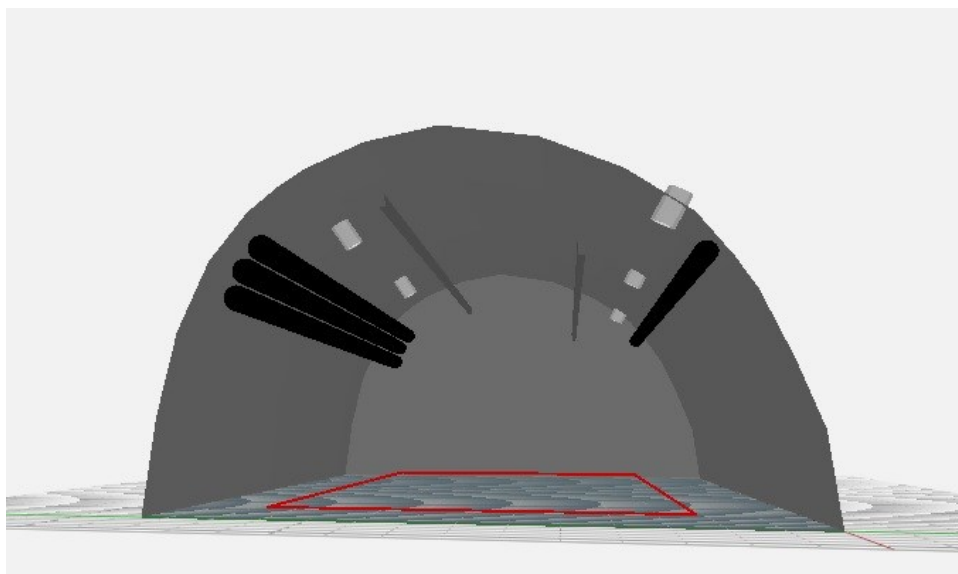
Technické požadavky na světelné vlastnosti objektů se liší dle umístění a využití důlních prostor, jako jsou lokomotivní chodba, porub, čelba a podobně. Zvláště srovnávací rovina, na které se hodnoty osvětlení měří, se nachází v odlišných výškách a má různou odrazivost materiálů.

Vybraná důlní chodba je dle normy ČSN 360050-1 určena jako Místo na trati se strojní dopravou, která je ve směně stále obsluhována s činností kde je nutný stálý přehled.

Zadané hodnoty pro výpočet:

Udržovaná osvětlenost \bar{E}_m :	20 lx
Index podání barev R_a :	20
Mezní hodnota činitele oslnění GR_L :	45
Rovnoměrnost osvětlení U_0 :	0,25
Udržovací činitel:	0,5
Odrazivost povrchu:	0,5

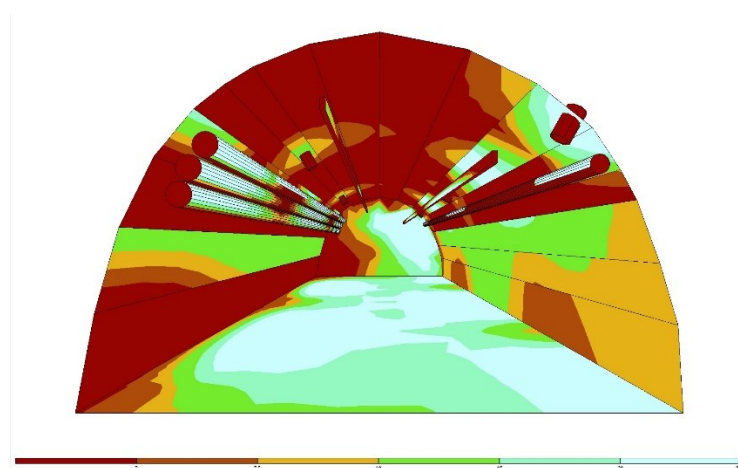
V projektu je počítáno jednou srovnávací hladinou, a to je plocha určená navrženým segmentem důlního díla ve výšce 0,0m.



Obrázek 20 – návrh rozmístění svítidel

8.2.2 Výpočet pro svítidlo MINEX I LED

5.2.1.1 Intenzita osvětlení



Obrázek 21 – osvětlení pracovní roviny

Tabulka 6 – hodnoty intenzity osvětlení MINEX I LED

šířka x délka [m]	1,11	3,33	5,56	7,78	10,00	12,22	14,44	16,67	18,89
5,67	15,50	31,31	34,60	23,90	7,05	24,51	34,53	30,89	14,61
3,40	16,20	20,50	19,70	18,26	19,74	17,58	18,93	19,99	16,11
1,13	25,27	22,01	15,27	28,63	26,04	27,84	13,66	21,35	25,59

Výsledky:

\bar{E}_m - udržovaná osvětlenost 21,8 lx, \bar{E}_{min} 7,1 lx, \bar{E}_{max} 34,6 lx,

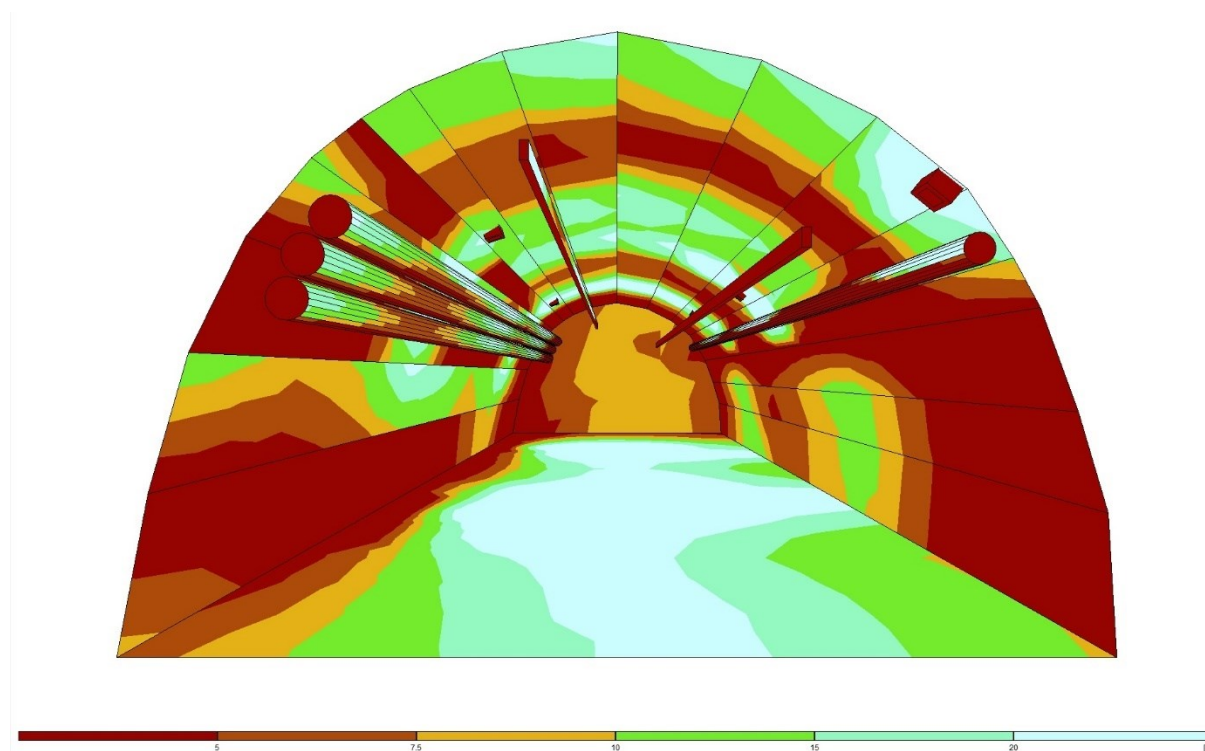
Tabulka 7 – mezní hodnoty činitele oslnění

Činitelé odrazu											
Strop	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	
Stěny	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	
Podlaha	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
Rozměry místnosti x y		Příčný pohled				Podélný pohled					
2H	2H	25.4	27.1	25.8	27.5	27.9	25.4	27.1	25.8	27.5	27.9
	3H	25.3	26.9	25.8	27.3	27.7	25.3	26.9	25.8	27.3	27.7
	4H	25.3	26.7	25.8	27.1	27.6	25.3	26.7	25.8	27.1	27.6
	6H	25.3	26.6	25.8	27.1	27.5	25.3	26.6	25.8	27.1	27.5
	8H	25.3	26.6	25.7	27.0	27.4	25.3	26.6	25.7	27.0	27.4
12H	25.3	26.5	25.7	26.9	27.4	25.3	26.5	25.7	26.9	27.4	
4H	2H	25.8	27.2	26.2	27.6	28.0	25.8	27.2	26.2	27.6	28.0
	3H	25.7	26.9	26.1	27.3	27.8	25.7	26.9	26.1	27.3	27.8
	4H	25.7	26.8	26.2	27.2	27.7	25.7	26.8	26.2	27.2	27.7
	6H	25.7	26.6	26.2	27.1	27.6	25.7	26.6	26.2	27.1	27.6
	8H	25.7	26.6	26.2	27.1	27.6	25.7	26.6	26.2	27.1	27.6
12H	25.8	26.6	26.3	27.0	27.6	25.8	26.6	26.3	27.0	27.6	
8H	4H	25.6	26.5	26.1	27.0	27.5	25.6	26.5	26.1	27.0	27.5
	6H	25.6	26.3	26.1	26.9	27.4	25.6	26.3	26.1	26.9	27.4
	8H	25.7	26.3	26.3	26.9	27.4	25.7	26.3	26.3	26.9	27.4
	12H	25.8	26.3	26.3	26.9	27.4	25.8	26.3	26.3	26.9	27.4
12H	4H	25.6	26.4	26.1	26.9	27.5	25.6	26.4	26.1	26.9	27.5
	6H	25.7	26.3	26.2	26.8	27.4	25.7	26.3	26.2	26.8	27.4
	8H	25.7	26.2	26.3	26.8	27.4	25.7	26.2	26.3	26.8	27.4

8.2.3 Výpočet pro svítidlo SWIT 08

Elumdata svítidla pro software RELux jsem získal změřením svítidla v laboratoři VŠB (viz. příloha č.3)

5.2.2.1 Intenzita osvětlení



Obrázek 22 – osvětlenost pracovní roviny

Tabulka 8 - hodnoty osvětlenosti SWIT 08

šířka/délka [m]	1,06	3,17	5,28	7,40	9,51	11,62	13,74	15,85	17,97
3,63	15,54	24,63	30,45	22,00	15,36	19,79	30,00	24,59	9,43
2,18	21,48	26,06	29,64	31,91	21,07	23,67	40,47	28,92	10,81
0,73	17,40	16,20	27,14	36,63	18,62	20,13	44,11	21,62	8,57

Výsledky:

\bar{E}_m – udržovaná osvětlenost 25,8 lx, \bar{E}_{min} 8,57 lx, \bar{E}_{max} 44,11 lx,

Tabulka 9 - mezní hodnoty činitele oslnění

Činitelé odrazu											
Strop	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	0.7	0.7	0.5	0.5	0.3	
Stěny	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	0.3	0.3	
Podlaha	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
Rozměry místnosti		Příčný pohled					Podélný pohled				
x	y										
2H	2H	21.5	23.1	21.9	23.5	24.0	17.7	19.3	18.2	19.8	20.2
	3H	24.7	26.2	25.2	26.7	27.2	20.5	22.0	20.9	22.4	22.9
	4H	26.3	27.7	26.8	28.2	28.7	21.9	23.4	22.4	23.8	24.3
	6H	27.5	28.9	28.0	29.3	29.9	23.4	24.8	23.9	25.2	25.8
	8H	28.0	29.3	28.5	29.8	30.4	24.1	25.4	24.6	25.9	26.4
	12H	28.6	29.9	29.1	30.4	30.9	24.8	26.1	25.3	26.6	27.1
4H	2H	22.1	23.5	22.6	24.0	24.5	17.9	19.3	18.4	19.8	20.3
	3H	25.2	26.5	25.7	27.0	27.5	20.9	22.1	21.4	22.6	23.2
	4H	26.9	28.0	27.4	28.5	29.1	22.6	23.7	23.1	24.3	24.8
	6H	28.2	29.3	28.8	29.8	30.4	24.4	25.4	25.0	26.0	26.6
	8H	28.9	29.9	29.5	30.5	31.0	25.3	26.3	25.8	26.8	27.4
	12H	29.8	30.7	30.3	31.2	31.8	26.2	27.1	26.7	27.6	28.3
8H	4H	27.0	28.0	27.6	28.6	29.2	22.8	23.7	23.3	24.3	24.9
	6H	28.6	29.4	29.1	30.0	30.6	24.8	25.7	25.4	26.2	26.9
	8H	29.5	30.2	30.0	30.8	31.4	25.9	26.6	26.5	27.2	27.8
	12H	30.4	31.1	31.0	31.7	32.3	26.9	27.5	27.5	28.1	28.7
12H	4H	27.1	28.0	27.7	28.6	29.2	22.8	23.7	23.3	24.2	24.8
	6H	28.7	29.5	29.3	30.1	30.7	24.9	25.7	25.5	26.3	26.9
	8H	29.6	30.3	30.2	30.9	31.5	25.9	26.6	26.5	27.2	27.8

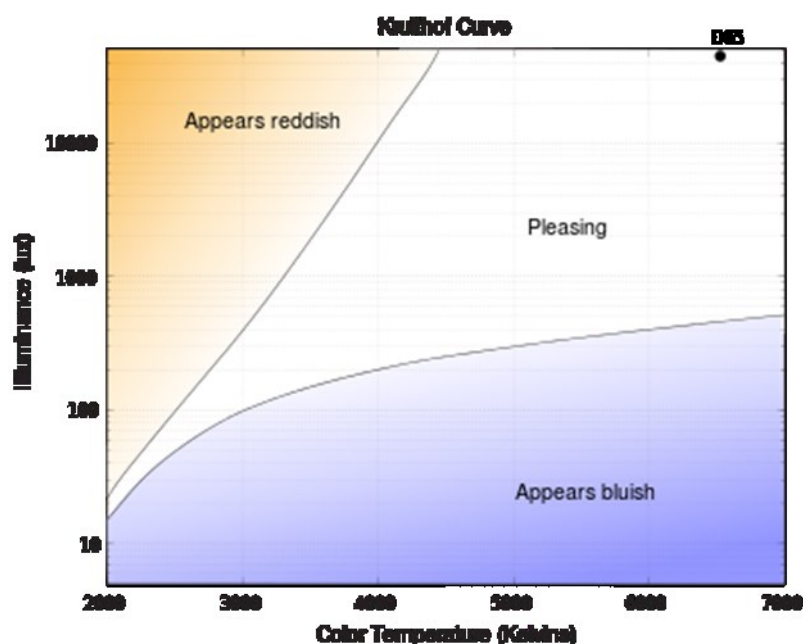


Obrázek 23 – důlní chodba 1692

8.3 Doporučení

Doporučuji organizaci najít dodavatele svítidel s nižší teplotou chromatičnosti, než je u světel dnes dodávaných což je od 3000 a výše, protože při naší hladině osvětlenosti od 20 K až do místně okolo 40 K je vyzařované světlo modré barvy, jak je vidět z Kruithofova grafu závislosti teploty chromatičnosti a osvětlenosti.

S osvětlovací soustavou jsou na dolech používány osobní důlní svítidla typu T 1005.01 u kterých se blíží barva světla k dennímu svitu čili k 5500 K. Použití dvou světelných zdrojů s jinou teplotou chromatičnosti by vedlo k míchání podání barev světla v místě pracovního úkolu.



Obrázek 24 - Kruithův graf

9. Závěr

V průběhu zpracování diplomové práce jsem při výběru vhodných svítidel řešil nesrovnalosti v mezi stávajícími a dostupnými svítidly pro osvětlování důlních prostor mezi českým výrobcem Elektrosvit Svatobořice a.s. a polským výrobcem Elektrometal SA.

Dále jsem měřil v laboratořích fakulty svítidla SWIT 08, pro vytvoření souboru elumdat, které výrobce svítidla nemá. Pro realizaci výsledné kompletní projektové dokumentace osvětlení překopu č. 1692 jsem vybral LED svítidla z důvodu jejich dlouhé životnosti, velkého měrného světelného výkonu, spolehlivosti a provozních nákladů. V poslední části této práce jsem popsal vhodný postup řešení kompletní světelně – technické části projektové dokumentace. Přínosem této práce je ukázka zpracování elektro – technické části projektu podle postupů daných báňskou Vyhláškou č. 75/2002 Sb.

Vytvořením této práce jsem získal zkušenosti v oblasti projekční činnosti osvětlovacích soustav, měření a sestavení křivek svítivosti svítidla SWIT 08.

Dle vypracovaného projektu je již osvětlovací soustava nainstalována a provozována. V rámci mé diplomové práce bylo provedeno měření osvětlenosti pracovní roviny (příloha č.1), jak vypočítané, tak změřené hodnoty osvětlenosti pracovní roviny vyhovují určeným hodnotám platných norem a předpisů.

Použitá literatura:

1. Knižní zdroje:

[1] **Karel Sokanský a kolektiv** – *Světelná technika*, vyd. Praha: ČVUT, 2011. 255 s. ISBN 978-80-01-04941-9

[2] **Jiří Habel a kolektiv** – *Světlo a osvětlování, Světelná technika a osvětlování*, vyd. Praha: FCC Public s.r.o., 2013. 622 s. ISBN 978-80-86534-21-3

2. Vyhlášky a normy:

[3] **Zákon 61/1988 Sb.** – *O hornické činnosti, výbušninách a o státní báňské správě*

[4] **Vyhláška 22/1989 Sb.** – *o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci a bezpečnosti provozu při hornické činnosti a při dobývání nevyhrazených nerostů v podzemí*

[5] **ČSN 36 0050-1** – *Osvětlení v podzemí dolů*

[6] **ČSN EN 60079-0 ed.2** – *Výbušné atmosféry – Část 0: Zařízení – Všeobecné požadavky*

[7] **ČSN EN 50628** – *Zřizování elektrických instalací v hlubinných dolech*

3. Internetové zdroje:

[8] **Elektrosvit Svatobořice a.s.** – *katalog důlních svítidel [pro rok 2018]*
http://www.elektrosvit.cz/index.php?route=product/category&path=60_63

[9] **Elektrometal SA** – *katalog důlních svítidel [pro rok 2018]*
<https://www.elektrometal.eu/lampa-swit-08-swit-08t>

[10] **tzbinfo** – *stavebnictví, úspory energií, technické zařízení budov [dne 26.3.2015]*
<https://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/12434-porovnavani-svetelnych-zdroju>

[11] **ihli** – *těžařský průmysl [dne 13.10.2014]*
<http://ihli.cz/revoluce-v-dolech-led-technologie/>

[12] **Phoenix** – *katalog nevýbušných svítidel [pro rok 2018]*
<http://www.phoenixlighting.com/products/slx-led-explosion-proof-led-floodlight>

Seznam příloh:

Příloha č.1 Posouzení parametrů umělého osvětlení prostoru důlní chodby č. 1692

Příloha č.2 Projekt elektrických zařízení – Osvětlení chodby č.1692

Příloha č.3 Provedená měření na svítidlech a světelných zdrojích

Světelně technické měření parametrů umělého osvětlení Důlní chodby 1692

Zhotovitel: OKD a.s., DZ 1
Č.S Armády 1
735 06 Karviná Doly

Vypracoval: Bc. Jiří Nohel

Věc: Posouzení parametrů umělého osvětlení prostoru důlní chodby č. 1692

OKD a.s., Důlní závod č.1 lokalita Karviná, ČSA

Název prostoru: Důlní chodba č. 1692

Úroveň zpracování: Posudek se provádí za účelem klasifikace prostor

Použité podklady: Místní šetření.

Normové zdroje: ČSN 36 0050-1 Osvětlení podzemí dolů– světelnotechnické základy navrhování- část 1: Obecné požadavky

Druh měřicího přístroje:

Luxmetr RadioLux 111

Rozsah:	0,001lx ÷ 360 klx ve 3 rozsazích
Výrobce:	PRC Krochmann
Sériové číslo:	No.100612
Přesnost:	± (2 % MH)

Voltmetr 1587

Rozsah:	750 V~
---------	--------

Výrobce: FLUKE
Výrobní číslo: 17060068

Datum a čas měření:

11.4.2018 6:00 – 9:00

Teplota okolí během měření:

22,5 stupňů Celsia

Napětí:

238,4V

Prověřované prostory:

Důlní chodba 1692, měřený úsek překopu v délce 22 m od staničení 128 do staničení 150 m.

Zatřídění prostředí – špinavé

Normové požadavky na umělé osvětlení:

Důlní prostory

Místa na trati se strojní dopravou

$$E_m = 20 \text{ lx}$$

$$\text{UGR} = 45$$

$$U_0 = 0,25$$

$$R_a = 20$$

Pozn.: Požadavky na osvětlenost i na UGR se určují podle druhu důlního prostoru.

Popis osvětlovací soustavy:

Celkové osvětlení

Osvětlovací soustava v důlní chodby se skládá z 80 kusů závěsných svítidel SWIT 08. Svítidla jsou osazena 12XLED o celkovém maximálním výkonu 35W, (index podání barev R_a 80 a teplota chromatičnosti 4000K). Osvětlovací soustava je nová a zahořená.

Udržovací činitel 0,5 (ČSN EN 36 0050-1)

Naměřené a vypočtené hodnoty

Zakreslení měřících bodů, Výška srovnávací roviny pro měření důlní chodby je ve výšce 0,1 m.

Chodba:

naměřené hodnoty osvětlenosti pracovní roviny [lx]											
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
pravá část 1,5m	28,6	20,7	25,4	24,9	19,5	26,8	25,3	23,8	19,3	11,3	22,8
střed pracovní roviny 3,4m	35,6	30,7	38,2	38,5	26,4	34,5	30,3	35,8	26,9	20,8	32,1
levá část 1,5m	20,3	24,5	27,2	42,3	32,8	22,1	20,8	22,8	38,5	24,8	21,9
		svítidlo									

10.Elektro projekt vybrané osvětlovací soustavy překopu

OKD, a.s.,

Důlní závod 1

Útvar technického náměstka

Provoz elektrifikace - projektování instalací elektrických zařízení

lokalita Karviná

PROJEKT ELEKTRICKÝCH ZAŘÍZENÍ

Osvětlení chodby č. 1692

Číslo projektu: 13-JK/18

Datum: březen 2018

SEZNAM DOKUMENTACE

1. Úvodní list a seznam dokumentace
2. 13-JK/18 Technická zpráva
3. 13-JK/18-01 Přehledové - jednopólové schéma napojení el. zařízení
4. 13-JK/18-02 Polohové schéma napojení elektrických zařízení

shválil:

Vedoucí elektrifikace: Ing. Pavel Letocha

Zpracoval:

Elektroprojektant: Bc. Jiří Nohel

Datum: březen 2018

1.1. TECHNICKÁ ZPRÁVA

Úvod a rozsah projektu.

Projekt řeší napojení elektrických zařízení pro umělé osvětlení centrální nákladové stanice na chodbě č. 1692 ve staničení 50 až 350 m.

Základní technická data.

2.1 Napájecí síť:

3/PE AC 50 Hz IT s izolovaným uzlem

3/PE AC 500 V 50 Hz/IT - motorický rozvod

3/PE AC 230 V 50 Hz/IT - signalizace a umělé osvětlení

2/PE AC 42 V 50 Hz/IT- signalizace, ovládání

2/PE AC 24 V 50 Hz/IT- signalizace, ovládání

Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Ochrana před úrazem elektrickým proudem:

ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, 3 čl. 411 Ochranné opatření: automatické odpojení od zdroje

ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, 3 čl. 411.2 Požadavky na základní ochranu (ochrana před přímým dotykem neboli před dotykem živých částí)

ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, 3 čl. 411.3 Požadavky na ochranu při poruše (před dotykem neživých částí)

ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, 3 čl. 411.3.1 Ochranné uzemnění a ochranné pospojování

ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, 3 čl. 411.3.2 Automatické odpojení v případě poruchy

ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, 3 čl. 411.6 Síť IT

Vyhláška ČBÚ č. 202/1995 Sb., Příkaz č. 13/2015 ředitele Důlního závodu 1.

Pro hlavní zemnicí vedení použit CU lano o průřezu 50 mm², FeZn ø 95 mm². Ochranná zemnicí soustava je společná pro elektrické zařízení s napětím do 1 kV a nad 1 kV. Odpor uzemňovací soustavy vyjádřený v Ω nesmí být větší, než podíl 50 k součtu délek všech kabelů pro napětí nad 1 kV, vyjádřených v km, které jsou připojeny na stejný napájecí zdroj. Dále dle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 musí být splněna podmínka: z toho vychází, že odpor ochranné uzemňovací soustavy musí být . Před uvedením do provozu proměřit izolační stav elektrického zařízení a odpor ochranné uzemňovací soustavy.

Hlídače izolačního stavu:

V sítích s napětím nad 1000 V použít zařízení pro trvalou kontrolu izolačního stavu, které signalizuje zhoršení izolačního stavu pod 50 Ω /V do místa se stálou obsluhou. Naměřené hodnoty izolačního stavu musí být registrovány. Kabelový rozvod s napětím nad 1000 V napájející předsunutou trafostanicí umístěnou v prostorách SNM musí být vybaven ochranou zajišťující odpojení vývodu se zemním spojením. Výkonový vypínač, jehož kabelovým vývodem je napájeno elektrické zařízení umístěné v prostorách SNM musí být vybaven zařízením blokující zapnutí vývodu při izolačním odporu na tomto vývodu menším než 50 Ω /V. V sítích s napětím do 1000 V použít hlídač izol. stavu,

který vypíná síť při poklesu izolačního stavu pod 15 Ω/V . Vývody sítě s napětím do 1000 V vybavit hlídači izol. stavu, blokující opětné zapnutí vadného úseku sítě při nižším izolačním odporu hlídaného úseku než 50 Ω/V . Typy použitých hlídačů izolačního stavu a jejich nastavení je uvedeno v přehledových výkresech.

Jištění:

Použité typy jisticích prvků a jejich nastavení je uvedeno v přehledových výkresech.

Zkratové poměry:

Vypočtené zkratové výkony, zkratové proudy a minimální dovolené průřezy kabelů jsou uvedené v přehledových výkresech.

Úbytky napětí:

Vypočtené úbytky napětí při spouštění a chodu motorů strojů jsou uvedeny v přehledových výkresech.

Polovodivá vrstva ekranovaného kabelu a ochranná stínicí vrstva musí být na obou jeho koncích

spojena s ochrannou zemnicí soustavou.

Zařazení prostorů a prostředí dle Příkazu č. 13/2015 ředitele Důlního závodu 1:

Zařízení bude instalováno v prostorech s nebezpečím výbuchu metanu SNM a s nebezpečím výbuchu uhelného prachu SNP. S prostředím důlním z hlediska vnějších vlivů a z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem se jedná o prostory nebezpečné.

Zařazení z hlediska nebezpečí důlních otřesů:

Projektovaná chodba je zařazena bez nebezpečí důlních otřesů.

Instalovaná elektrická zařízení musí být schválená pro dané prostory a prostředí.

Musí svým provedením odpovídat prostředí a prostorům ve kterých jsou provozována. Projekt odpovídá bezpečnostním předpisům pro hlubinné uhelné doly a předpisům souvisejícím a je v souladu s platnými normami ČSN a EN.

Rozdělení elektrických zařízení:

Elektrická zařízení, která jsou součástí tohoto projektu, jsou zařazena dle § 4 a § 5 Vyhlášky ČBÚ č. 75/2002 Sb. do třídy A, skupiny A1 s přihlédnutím k jejich rizikosti, povaze prací a místním podmínkám.

1.2 Popis elektrických zařízení.

Silnoproudé zařízení pro umělé osvětlení chodby č. 1692.

Rozvod 500 V pro transformátor TN 0 P1, který je instalovaný na chodbě č. 1690/1 je napojen z hlavní rozvodny č. 1100 rozvaděče RH – 500 V, pole č. 6, vývodu č. 5. Vývod č. 5 napájí rozvaděč R10 – 500 V pro dílnu na chodbě č. 1690, rozvaděč R4 – 500 V, na chodbě č. 1692 u jámy Jan, pro napájení vodního čerpadla KDMU na chodbě č. 1690/1 a rozvod je ukončen rozvaděčem R5 – 500 V na chodbě č. 1690/1.

Z transformátoru TN 0 P1 – 500/230 V je z vývodu č. 2, 3 napojeno 80 kusů svítidel SWIT 08 LED. Rozvod 230 V je proveden kabelem typu YSLYkonyn-G 4 x 4 + 4. Svítidla jsou rozmístěna po obou stranách důlního díla co 10 m v horní části a uchycena typizovanými uchyty na výztuž chodby.

Transformátor TN 0 P1 o výkonu 4,5 kVA, $I_n = 19,5$ A s jištěním na primární straně pojistkami F 101.1, 101.2 – 2 x 25 A. Vývody na sekundární straně 230 V jsou jištěny dvupolovými jističi F 121, F 131 - 2p 6 A charakteristiky B.

V případě závady nebo potřeby vypnutí slaboproudých rozvodů, zařízení a autligifonů volat manipulanta telefonní ústředny na povrchu, klapka číslo 3233.

HAVARIJNÍ VOLÁNÍ JE číslo 6 - ČSA, Lazy.

1.3 Elektrická zařízení.

Elektrická zařízení umístit tak, aby byl dodržen potřebný manipulační prostor před elektrickým zařízením. Před elektrickým zařízením musí být ponechán volný manipulační prostor o šířce nejméně 800 mm u zařízení do 1000 V a 1000 mm u zařízení nad 1000 V. Uvedené vzdálenosti se rozumí do výšky nejméně 1800 mm od počvy. Nad elektrickým zařízením musí být ponechán volný manipulační prostor min. 600 mm od vrchní části elektrických zařízení.

1.4 Doprava a instalace elektrických zařízení.

Transformátory a ostatní el. zařízení musí být zavěšeny a dopravovány dle zpracovaných typizovaných schémat. Elektrické zařízení nad pásovým nebo hřeblovým dopravníkem se umístí tak, aby mezi dopravovaným těživem a elektrickým zařízením, transformátorem byl volný prostor alespoň 0,4 m (dle § 231c, odst. 2, vyhl. ČBÚ č. 22/89 Sb.).

Elektrické zařízení nad 1 kV v prostorech ražeb a porubů se umístí tak, aby jeho vzdálenost od čelby nebo místa styku porubu nebo dobývky s vtažným nebo výdušným důlním dílem ve směru postupu porubní fronty nebo dobývání byla alespoň 20 m.

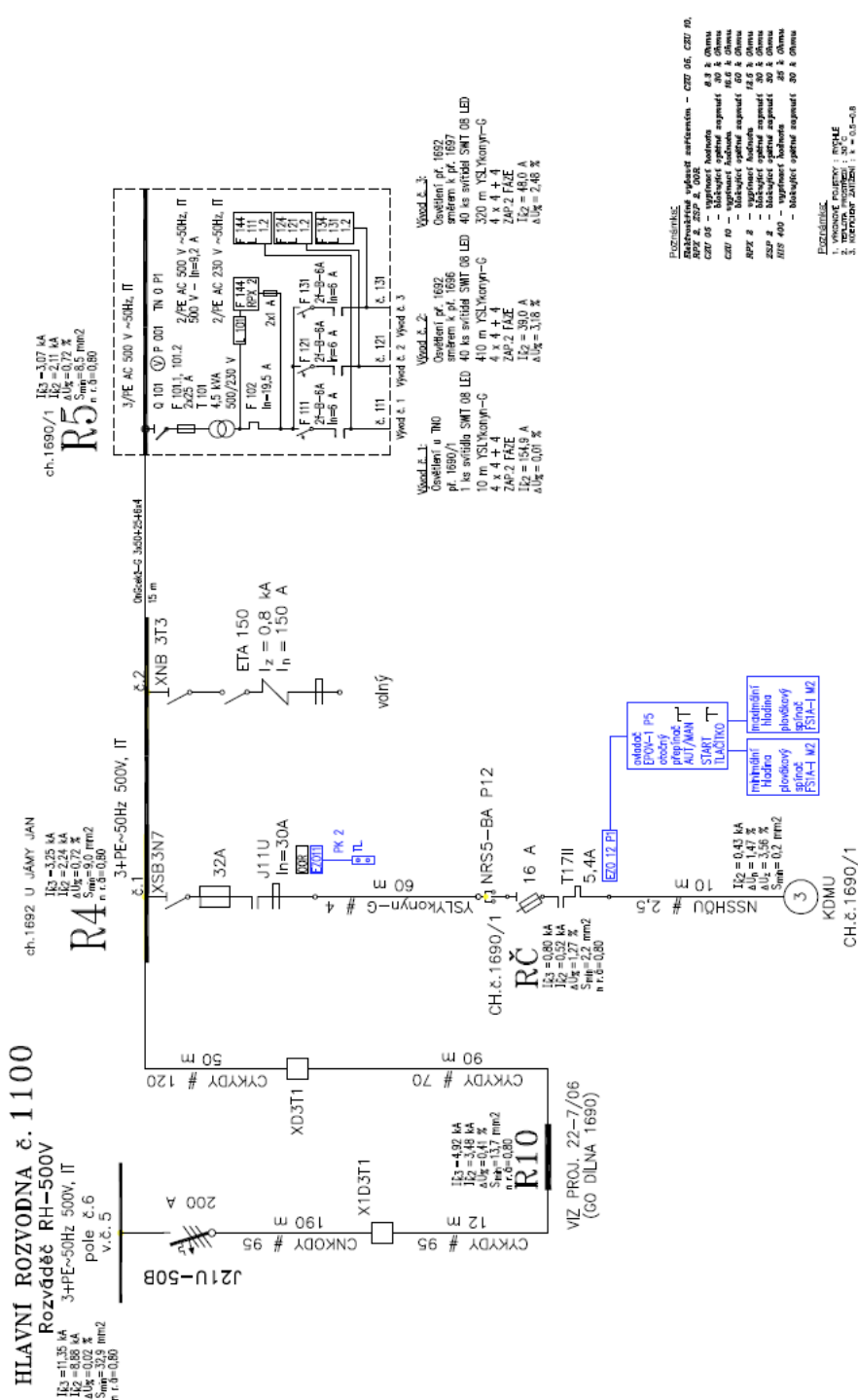
1.6 Práce ve výšce.

Práce ve výškách nad 1,5 m musí být prováděny dle zpracované typové dokumentace nebo dle zpracovaných pravidel a pokynů k zajištění bezpečnosti práce a provozu.

V Karviné dne 19.3.2018

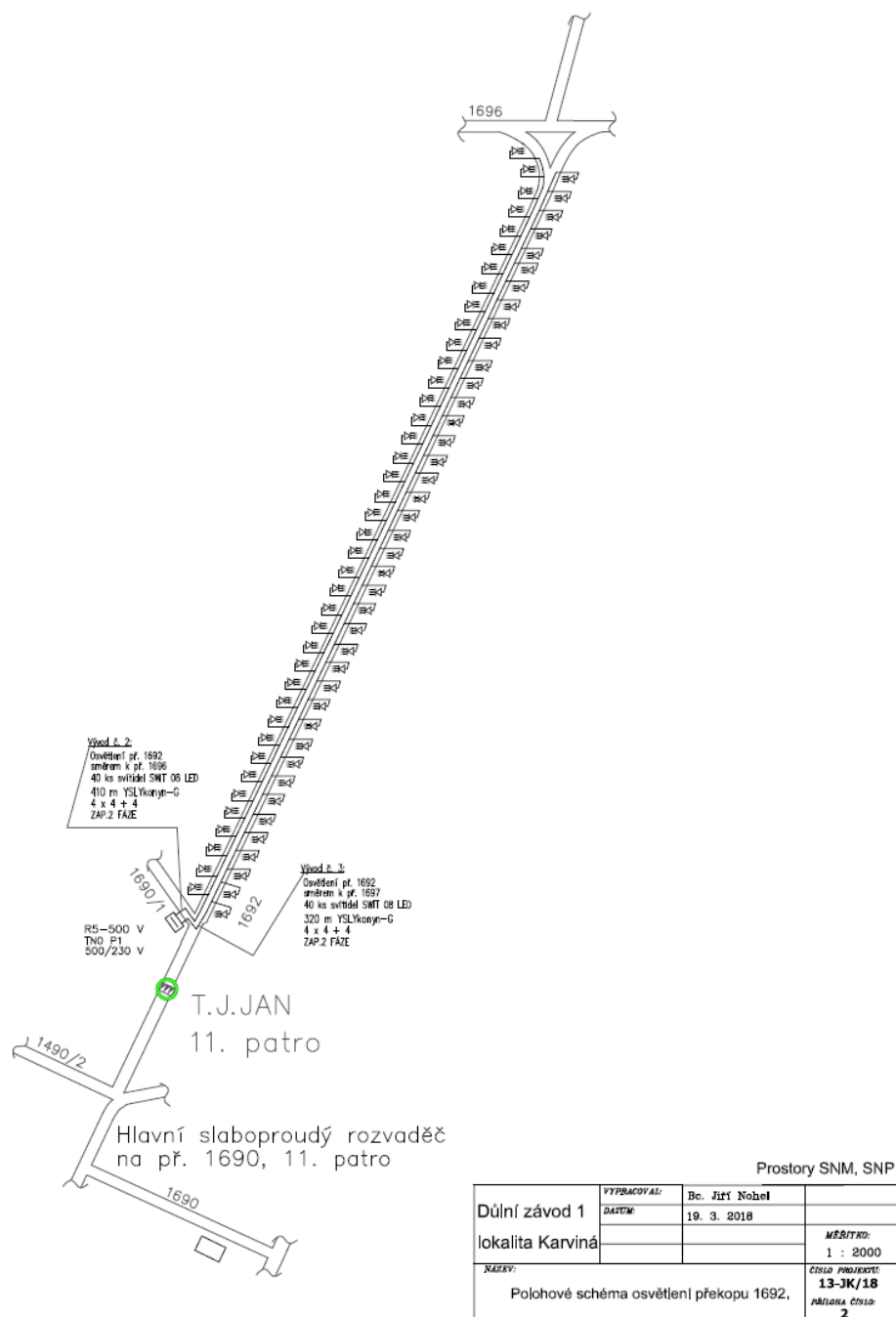
Zpracoval: Bc. Jiří Nohel
Vedoucí úseku slaboproudu

1.7 Jednopolové schéma



Prostýř SNN, SNP	
PRŮVODCE	Dr. Petr Janda
SESKUPENÍ	Zag. Pavel Tloušťka
ROZSAH	10. 3. 2018
EDICE	18-20-10
ROZSAH	18-20-10
Jednotlivé schůze naplňují elementy zařazené	
na str. 1252-1311	

1.8 Polohové schéma



1. Použitá svítidla

LED bez bližší specifikace.

2. Provedená měření na svítidlech a světelných zdrojích

2.1. Svítidlo ELEKTROMETAL SWIT 08

Měřené parametry: světelný tok svítidla Φ_s , křivky svítivosti tabelizovaně viz. příloha č. 1, elektrické parametry svítidla.

Vypočtené parametry z naměřených hodnot: měrný výkon svítidla η_s .

3. Použité přístroje

- **Luxmetr Mavolux Digital**

Rozsah: 20 lx ÷ 200 klx
Výrobní číslo: 18120
Specifikace: $\pm(2,5 \% \text{ MH} + 1 \text{ D} + \text{max. } 3 \% \text{ sonda})$
Kalibrační list č. 4046/04

- **Voltmetr FL 21**

Rozsah: 150 ÷ 600 V
Výrobní číslo: 9105833
Třída přesnosti: 0,2 %

4. Postup měření

Měření se uskutečnilo dne 17.4.2018 v laboratořích VŠB-TU Ostrava katedry elektroenergetiky.

Světelný zdroj byl zahořený.

Měření křivek svítivosti, bylo na fotometrické lavici provedeno v souladu s normami:

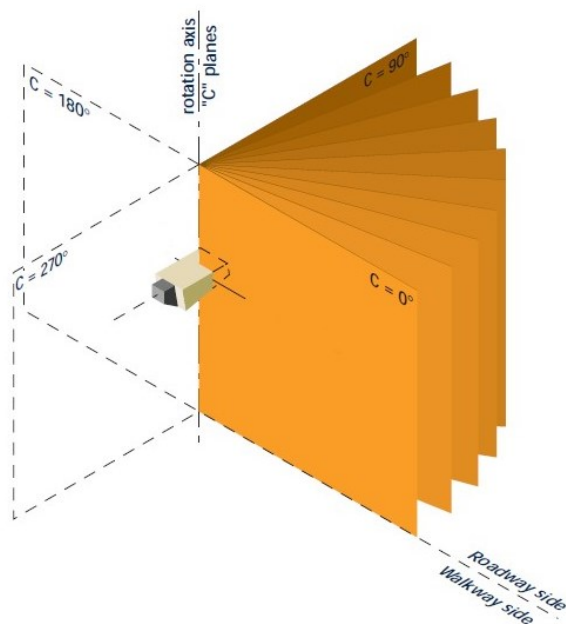
- ČSN 36 0010 Měření světla. Kmenová norma
- ČSN EN 60598 – 1 ed. 5 Svítidla - Část 1: Všeobecné požadavky a zkoušky.

Měření světelného toku zdrojů a svítidel byla provedena na fotometrické lavici v souladu s normou ČSN 36 0013. Neplatná norma není nahrazena. Vzdálenost čidla luxmetru od světelného středu svítidla byla 6 m.

Křivky svítivosti byly změřeny v rovinách C0, C30, C60 a C90 viz. obr. 1.

Napájecí napětí bylo: 230V \pm 0,5 V. Veškerá měření byla provedena po ustálení světelných a tepelných parametrů zdrojů.

Rozšířená nejistota měření křivek svítivosti ($k_U=2$): $U = 14,64 \%$.



Obr. 1. Schematické znázornění měření svítidel

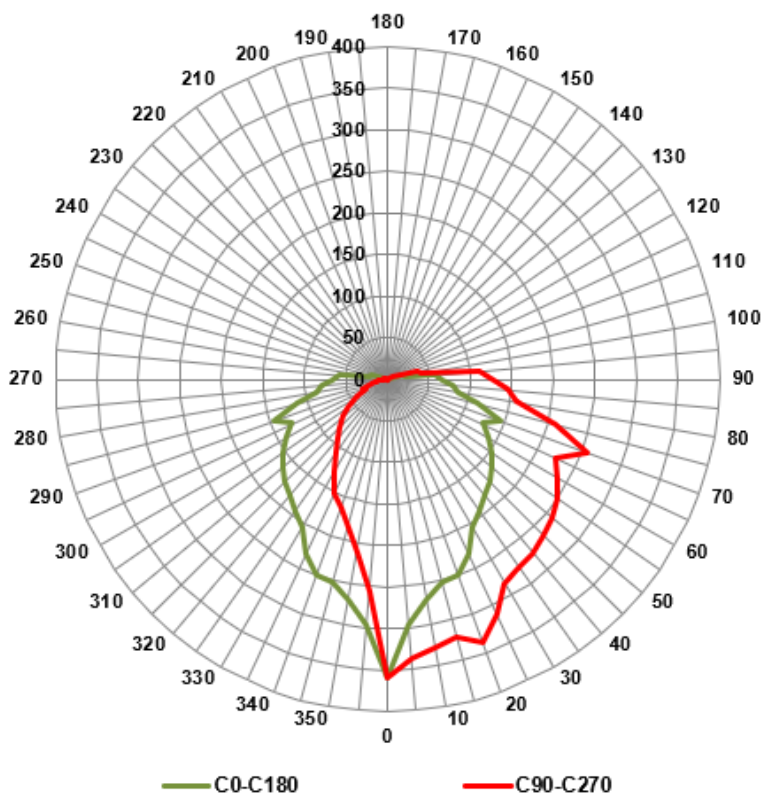
5. Závěr

Veškerá objednaná měření (křivky svítivosti, měrného výkonu svítidla,) byla provedena v požadovaném rozsahu a v souladu s platnými normami. Výsledky měření jsou uvedeny v přílohách. Křivky svítivosti svítidla jsou přepočteny na námi měřenou hodnotu světelného toku svítidla 1,168 klm.

PŘÍLOHOVÁ ČÁST

Příloha č. 1: Křivky svítivosti

Křivky svítivosti C0-C180, C90-C270



Změřené parametry: $\Phi_s = 1\,168\text{ lm}$, $\eta_s = 49\text{ lm/W}$,
 $P = 24\text{ W}$, $I = 0,11\text{ A}$, $\lambda = 0,95$, $U = 230\text{ V}$



Obr. 1. ELEKTROMETAL SWIT 08

Příloha č. 2: Křivky svítivosti – tabelizované

$\gamma [^\circ]$	C0		C30		C60		C90		C120		C150	
	I [cd]	I [cd/klm]	I [cd]	I [cd/klm]	I [cd]	I [cd/klm]	I [cd]	I [cd/klm]	I [cd]	I [cd/klm]	I [cd]	I [cd/klm]
0	419,8	359,4	419,8	359,4	419,8	359,4	419,8	359,4	419,8	359,4	419,8	359,4
5	345,7	296,0	389,2	333,2	391,5	335,2	392,8	336,3	391,5	335,2	389,2	333,2
10	314,9	269,6	367,6	314,7	370,9	317,5	383,4	328,3	370,9	317,5	367,6	314,7
15	295,5	253,0	365,1	312,6	380,7	325,9	375,1	321,2	380,7	325,9	365,1	312,6
20	292,9	250,8	342,0	292,8	399,2	341,7	393,5	336,9	399,2	341,7	342,0	292,8
25	270,3	231,4	316,8	271,2	382,1	327,1	363,0	310,8	382,1	327,1	316,8	271,2
30	241,2	206,5	284,1	243,2	351,7	301,1	331,2	283,5	351,7	301,1	284,1	243,2
35	225,5	193,0	266,0	227,7	320,9	274,8	323,6	277,0	320,9	274,8	266,0	227,7
40	214,0	183,2	257,8	220,7	299,3	256,2	319,8	273,8	299,3	256,2	257,8	220,7
45	203,3	174,1	253,6	217,1	288,5	247,0	311,1	266,4	288,5	247,0	253,6	217,1
50	191,9	164,3	241,9	207,1	281,8	241,3	302,8	259,2	281,8	241,3	241,9	207,1
55	179,4	153,6	225,5	193,1	269,3	230,5	292,1	250,1	269,3	230,5	225,5	193,1
60	162,8	139,4	199,9	171,2	260,5	223,0	276,9	237,0	260,5	223,0	199,9	171,2
65	147,3	126,1	179,7	153,8	318,5	272,7	260,2	222,8	318,5	272,7	179,7	153,8
70	168,5	144,3	184,7	158,1	201,5	172,5	299,3	256,3	201,5	172,5	184,7	158,1
75	131,9	112,9	164,1	140,5	184,4	157,9	245,4	210,1	184,4	157,9	164,1	140,5
80	100,9	86,4	160,5	137,4	183,7	157,3	185,5	158,8	183,7	157,3	160,5	137,4
85	91,4	78,2	139,2	119,2	159,3	136,3	171,0	146,4	159,3	136,3	139,2	119,2
90	77,3	66,2	122,9	105,2	150,2	128,6	150,5	128,9	150,2	128,6	122,9	105,2
95	67,0	57,3	67,5	57,8	132,4	113,3	130,1	111,4	132,4	113,3	67,5	57,8
100	25,8	22,1	51,5	44,1	69,8	59,8	47,8	40,9	69,8	59,8	51,5	44,1
105	23,7	20,3	7,8	6,7	35,6	30,5	43,6	37,3	35,6	30,5	7,8	6,7
110	6,4	5,5	3,2	2,7	10,1	8,7	9,0	7,7	10,1	8,7	3,2	2,7
115	0,0	0,0	2,8	2,4	3,5	3,0	3,8	3,3	3,5	3,0	2,8	2,4

$\gamma [^\circ]$	C180		C210		C240		C270		C300		C330	
	I [cd]	I [cd/klm]	I [cd]	I [cd/klm]	I [cd]	I [cd/klm]	I [cd]	I [cd/klm]	I [cd]	I [cd/klm]	I [cd]	I [cd/klm]
0	419,8	359,4	419,8	359,4	419,8	359,4	419,8	359,4	419,8	359,4	419,8	359,4
5	345,7	296,0	337,4	288,8	308,4	264,0	298,7	255,7	308,4	264,0	337,4	288,8
10	314,9	269,6	298,0	255,1	260,2	222,7	246,4	210,9	260,2	222,7	298,0	255,1
15	295,5	253,0	310,0	265,4	238,2	203,9	215,9	184,9	238,2	203,9	310,0	265,4
20	292,9	250,8	275,9	236,2	222,5	190,5	192,4	164,7	222,5	190,5	275,9	236,2
25	270,3	231,4	224,5	192,2	194,9	166,8	177,5	152,0	194,9	166,8	224,5	192,2
30	241,2	206,5	197,1	168,7	172,9	148,0	151,2	129,5	172,9	148,0	197,1	168,7
35	225,5	193,0	183,3	156,9	137,6	117,8	127,4	109,0	137,6	117,8	183,3	156,9
40	214,0	183,2	169,4	145,0	113,9	97,5	108,3	92,7	113,9	97,5	169,4	145,0
45	203,3	174,1	155,2	132,9	116,3	99,6	95,5	81,8	116,3	99,6	155,2	132,9
50	191,9	164,3	109,4	93,6	112,5	96,3	81,0	69,3	112,5	96,3	109,4	93,6
55	179,4	153,6	114,4	97,9	76,8	65,8	66,8	57,2	76,8	65,8	114,4	97,9
60	162,8	139,4	106,2	90,9	54,1	46,3	48,8	41,8	54,1	46,3	106,2	90,9
65	147,3	126,1	94,8	81,2	43,0	36,8	34,3	29,3	43,0	36,8	94,8	81,2
70	168,5	144,3	87,4	74,8	37,4	32,0	37,7	32,3	37,4	32,0	87,4	74,8
75	131,9	112,9	87,4	74,8	40,9	35,0	18,3	15,7	40,9	35,0	87,4	74,8
80	100,9	86,4	90,6	77,5	29,3	25,1	16,3	13,9	29,3	25,1	90,6	77,5
85	91,4	78,2	44,0	37,7	26,2	22,4	11,8	10,1	26,2	22,4	44,0	37,7
90	77,3	66,2	33,0	28,3	4,5	3,9	4,2	3,6	4,5	3,9	33,0	28,3
95	67,0	57,3	5,0	4,3	3,1	2,7	3,8	3,3	3,1	2,7	5,0	4,3
100	25,8	22,1	2,8	2,4	3,1	2,7	3,8	3,3	3,1	2,7	2,8	2,4
105	23,7	20,3	2,8	2,4	3,1	2,7	3,8	3,3	3,1	2,7	2,8	2,4
110	6,4	5,5	2,8	2,4	3,1	2,7	3,8	3,3	3,1	2,7	2,8	2,4
115	0,0	0,0	3,2	2,7	3,5	3,0	3,8	3,3	3,5	3,0	3,2	2,7